# ANALES DE LA UNIVERSIDAD

AÑO II | MONTEVIDEO, ABRIL DE 1893 | TOMO III

## Un Viaducto metálico

PROYECTO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE PUENTES Y CAMINOS, POR DON EDUARDO GARCÍA DE ZÚÑIGA.

---

### Datos propuestos [1]

PROYECTO DE UN VIADUCTO METÁLICO DE VIGA RECTA (CRUCES DE SAN ANDRÉS Y UNA SOLA VÍA)

---

La viga será continua, de cuatro tramos, á saber: el primero, de $52^m$; el segundo, de $65^m$; el tercero, de $65^m$; el cuarto, de $52^m$.

La carga permanente de la viga es de $2200^{kg}$ por metro corriente, y la sobrecarga de $4500^{kg}$ por metro corriente, lo que hace un total de $6700^{kg}$ por metro corriente.

Se ha supuesto que el calcáreo compacto se encuentra á una distancia constante de $2^m$ del fondo del valle.

Se pide:

Una planta y un alzado á la escala de $2^{mm}$ por $1^m$.

El detalle de un elemento de viga á la escala de $2^{cm}$ por $1^m$.

El cálculo de la pila más elevada del viaducto, con un estudio de la fundación de dicha pila con sus dibujos á la escala de $1^{cm}$ por $1^m$; teniendo en vista su gran altura, se tomará en cuenta, al calcularla, la acción del viento, calculando también los *contra-*

1. Véase el primer plano.

*ventamientos* necesarios. Las pilas podrán ser de mampostería ó de metal.

La cota del riel es obligada, teniendo la libertad de colocarlo en la parte superior ó inferior de la viga, según se crea conveniente.

Una memoria detallada, al fin de la cual se colocarán los cálculos en que se funda el proyecto.

Un estudio sumario de la manera de lanzar la viga y de las deformaciones que pueda experimentar durante esta operación.

Y, finalmente, una idea aproximada de los gastos que puede ocasionar la obra.

El metal empleado será el acero.

# MEMORIA

## 1.º — CONSIDERACIONES GENERALES

Una de las causas que se han opuesto siempre á la generalización de las construcciones de hierro ó acero es la incertidumbre de las teorías que sirven de base á su cálculo.

Los progresos realizados en esta parte de la *Mecánica aplicada á la resistencia de los materiales,* han sido inmensos en estos últimos cincuenta años; pero no han bastado, sin embargo, para disipar completamente aquella incertidumbre, que, aun hoy día, se manifiesta en la diversidad de criterios adoptados por los ingenieros autores de las más recientes circulares ó reglamentaciones relativas al cálculo y prueba de los puentes metálicos.

Cuando proyectamos uno de estos puentes, lo primero, pues, que debemos hacer, una vez estudiadas las disposiciones generales de la obra, es, fijarnos las reglas que nos han de servir para la determinación de los esfuerzos experimentados por el material en cada punto, y de las dimensiones que, en vista de esos esfuerzos, convenga dar á cada uno de los elementos constitutivos del puente.

En casi todos los países de Europa, la elección de estas reglas no depende exclusivamente de la opinión del ingeniero encargado de proyectar la obra. En Francia, Inglaterra, Austria-Hungría, Rusia, etc., hay un cierto número de prescripciones emanadas de

la autoridad competente (Ministerio de Obras Públicas, en Francia; de Vías Públicas, en Rusia; de Comercio, en Austria; el Board of Trade, en Inglaterra), que establecen el máximum del trabajo del metal empleado, así como las pruebas á que deben ser sometidos los puentes, antes de ser entregados al servicio público.

Como en nuestro país no existen disposiciones de ese carácter ni se me indicaba en el *tema* á qué reglas debía obedecer, tenía plena libertad para elegir, entre las reglamentaciones á que acabo de hacer referencia, la que fuera á mi juicio más aceptable.

---

Las prescripciones del Board of Trade (Julio de 1881), concebidas en términos muy generales, sin fijar de un modo preciso la sobrecarga ni las variaciones que necesariamente sufre el máximum de fatiga imponible á cada metal según los casos, no me parecieron propias para servir de norma á mi trabajo.

También prescindiré de las instrucciones contenidas en las circulares francesas de 1858 y de 1877: de las de la primera, porque son á todas luces insuficientes — los mismos ingenieros franceses ya no las seguían cuando se publicó la segunda circular [1]; — y de las de ésta (subrogada por la de 29 de Agosto de 1891), porque omite prescripciones de suma importancia hoy día, como, por ejemplo, las relativas al coeficiente máximo de trabajo del acero; y también, porque en ella se ha calculado la sobrecarga, tomando por tipo un tren cuya locomotora con su ténder pesa setenta y dos toneladas, límite al cual exceden las máquinas de cuatro ejes actualmente en uso.

Por análogas razones he desechado la Ordenanza austriaca de 1870.

1. Como dato histórico interesante, porque revela en qué enorme proporción han ido aumentando las exigencias de la seguridad pública para con los constructores de puentes metálicos, merece leerse el siguiente párrafo que se refiere á la sobrecarga de prueba en estos puentes, y que traduzco de un folleto publicado en 1853:

« Puesto que la mayor carga que los puentes pueden soportar, es la que produce una multitud aglomerada cuyo peso máximo es siempre inferior á 200 kilogramos por metro cuadrado, fijaremos en esta cifra la carga de prueba que deben sufrir en el momento de su recepción. » (*Notice sur l'emploi de la tôle, du fer forgé et de la fonte dans la construction des ponts, par M. M. Cadiat et Oudry, Paris*).

La carga de prueba exigida por la circular francesa del 58, para los puentes carreteros, era ya de 400 kg. por metro cuadrado (Debauve, *Ponts en métal,* pág. 96), precisamente el doble de la que proponían Cadiat y Oudry.

Por último, no queriendo tomar en consideración algunas otras reglamentaciones, porque no tengo un conocimiento completo de ellas (la circular rusa de 17 de Enero de 1884, por ejemplo, de la que sólo sucintas referencias he logrado en las obras que pude consultar), me concretaré á analizar la Ordenanza del Ministerio de Comercio de Austria, fecha 15 de Setiembre de 1887, y la Circular del Ministerio de Obras Públicas de Francia, fecha 29 de Agosto de 1891 [1].

---

Puesto que la sobrecarga está ya determinada por metro corriente entre los datos del proyecto, no hubiera podido seguir en ningún caso las indicaciones respectivas de la Circular francesa, que la fijan, no por metro corriente, sino partiendo de la consideración del tren tipo. La Ordenanza austriaca da, por el contrario, para cada abertura, la sobrecarga por metro corriente; y hasta es una de las más importantes innovaciones introducidas por esta Ordenanza, la de considerar un tren tipo sólo para realizar las *cargas de prueba*, pero sustituyéndolo por una carga uniformemente repartida, como base hipotética de cálculo (en virtud de la teoría de las cargas uniformes equivalentes) [2].

Sin embargo, debo manifestar que, en mi opinión, esta parte de la Ordenanza austriaca está sujeta á más de una objeción importante y tal vez decisiva.

Es fácil, por ejemplo, demostrar la poca utilidad práctica de la simplificación que á primera vista ofrece la carga uniforme sustituída al tren tipo. Y no debe olvidarse que el único método rigorosamente exacto, es el que, para calcular los esfuerzos moleculares del metal, estudia las posiciones más desfavorables que puede ocupar sobre el puente el tren tipo, es decir, el tren que, comparado con todos aquellos cuya circulación se permite, es capaz de provocar en cada parte de la obra, el máximum de trabajo; he aquí, en efecto, cómo se expresa el mismo Maximiliano de Leber, miembro informante de la comisión encargada de re-

1. En lo que sigue, me ocupo únicamente de las disposiciones que se refieren á los puentes de ferrocarril.

2. Maximiliano de Leber, *Calculs des ponts métalliques*, edición francesa de Carlos Bricka, París, 1889.

dactar la Ordenanza austriaca del 87: "Al establecer las prescripciones de sobrecarga de la Ordenanza austriaca, se ha querido ante todo que sean de una fácil aplicación práctica, conservando, sin embargo, la mayor exactitud posible. Las cargas móviles podrían en todos los casos ser fijadas, ya bajo la forma de trenes tipos de sobrecarga, ya bajo la forma de cargas uniformemente repartidas equivalentes. El primer sistema *parecería preferible,* pero bien mirado, ese sistema esquiva la dificultad sin resolverla. Las prescripciones de sobrecarga que se estableciesen, deberían tener por base un sistema de cargas móviles suficiente para los efectos de sobrecarga de todo el material rodante que circula en los ferrocarriles de Austria, con todas las combinaciones de trenes usuales. En cada caso especial en que se tratara, siguiendo este sistema, de saber si un tren propuesto puede circular sobre un trayecto dado, habría que calcular de nuevo los esfuerzos que producen el tren dado y el tren tipo de sobrecarga [1], sobre todos los puentes de diferentes aberturas del trayecto considerado y sobre todas las piezas que los componen, examinando luego, si los esfuerzos producidos por el tren dado exceden ó no á los que corresponden al tren tipo."

Pero, sin contar con que esos *casos especiales* serían muy raros, pues el tren tipo se calcula en hipótesis extremas, lo que excluye toda duda tratándose de trenes ordinarios [2], no se ha tomado en cuenta en las líneas transcritas, la existencia de medidas prohibitivas referentes á la circulación de trenes extraordinarios y sin las cuales toda reglamentación sería ilusoria. Ya la circular francesa del 77 incluía una disposición tendente á ese objeto; en la del 91, el artículo 12 que traduzco á continuación se refiere á lo mismo:

"Artículo 12. *Límite del peso de las máquinas que podrán circular sobre los puentes, sin autorización previa.* — La circulación sobre los puentes, de máquinas cuyo peso medio por m. corriente exceda en más de un décimo al de la máquina tipo determinada en el artículo 4.º (máquina de $8^m80$ entre *tampones,* de cuatro ejes, y

1. Este último cálculo, bastaría hacerlo una vez.

2. Puede verse en la lámina XII del tomo correspondiente al primer semestre del año 1892 de la *Revue générale des chemins de fer,* la curva gráfica de los momentos flectentes producidos por un tren compuesto *exclusivamente* de las máquinas *más pesadas* del ferrocarril « Paris - Lyon - Méditerranée », comparada con la curva análoga correspondiente al tren tipo. Sólo para aberturas que exceden á $37^m$, la primera curva empieza á elevarse sobre la segunda.

de una carga axial media de $14^t$), ó en la que, uno de los ejes tuviera que soportar una carga superior á $18^t$, no podrá tener lugar sino en virtud de una autorización especial del Ministerio de Obras Públicas."

Y, por su parte, la misma Ordenanza austriaca trae un parágrafo (el 12.°) destinado á establecer una prohibición análoga.

"§ 12.° *Restricciones al empleo del material rodante.* — No es permitido dejar pasar sobre los puentes, sin autorización de la Inspección I. R. de ferrocarriles de Austria, un material rodante capaz de producir efectos de sobrecarga más desfavorables que los que resultan de las cargas prescriptas en el parágrafo 3.°"

En resumen: lo mismo en Austria que en Francia, la circulación en un trayecto en que hubiera puentes metálicos, de un tren cuyo peso ó composición fuesen extraordinariamente desfavorables, obligaría á solicitar una autorización, que la Administración no podría evidentemente conceder, sino después de haber verificado en la nueva hipótesis, todos los cálculos de resistencia relativos á cada puente del trayecto.

La única ventaja á favor de la Ordenanza austriaca, consistiría, pues, en economizar al ingeniero el trabajo insignificante de hallar la *carga uniforme equivalente al tren tipo*, porque es sabido que, sin determinar antes este dato ficticio, es muy difícil, por no decir imposible, el cálculo de un puente metálico, principalmente si es de vigas continuas.

Pero la carga uniforme no es nunca exactamente equivalente á la que el tren tipo define, y los procedimientos empleados para determinarla son muy susceptibles de perfeccionarse, — y se han perfeccionado de hecho, después de publicada la Ordenanza austriaca.

Para calcular las cargas uniformes que prescribe esta Ordenanza, sólo se consideró, según M. de Leber, el caso de puentes de tramos independientes; "para el caso de puentes de vigas continuas, añade, así como para los puentes de arco, puentes suspendidos, etc., los resultados que se obtuvieron no deberían en rigor ser aplicados." Aun tratándose de vigas de tramos independientes, las parábolas que corresponden á las cargas uniformes, no envuelven perfectamente á todos los contornos representativos de los momentos máximos de flexión que resultan de los trenes considerados, llegando á veces la diferencia á un diez por ciento, y, lo que es peor, esa diferencia no siempre es por exceso, porque se

ha admitido al calcular la carga equivalente relativa á cada tren en particular, que la parábola representativa de los momentos de carga uniforme, coincide en su vértice con la curva de los momentos máximos reales, de donde resulta que, siendo la forma de esta curva más bombeada en la proximidad de los apoyos que la de la parábola, no puede estar totalmente encerrada en ella, como debería.

El ingeniero Collignon indicó hace poco [1] un sencillísimo método para hallar en todos los casos la carga uniforme $p$, por metro corriente, gráficamente figurada por una parábola que envuelve á todos los momentos flectentes sin excepción; cuyo método consiste en dividir la reacción máxima de los apoyos por la mitad de la abertura, de modo que:

$$p = \frac{F}{\frac{1}{2}\,l},$$

llamando $l$ la abertura y $F$ la reacción.

Este método ha sido aún perfeccionado por Mr. Préaudeau [2] que supone cortada la parábola por una horizontal que pase por el extremo de la ordenada representativa del *máximum maximorum* de los momentos, obteniendo así un contorno mixtilíneo que envuelve á la curva de los momentos máximos debidos al tren tipo, y que da para la parte media de la viga una sección exacta, y para las demás, secciones que apenas exceden y no son inferiores nunca á las que matemáticamente exigirían los momentos de flexión.

Finalmente, MM. Michel y Gascougnolle, ingenieros del ferrocarril francés "Paris-Lyon-Méditerranée", en una memoria inserta en el número de Marzo último de la *Revue générale des Chemins de fer*, simplifican y generalizan todavía el procedimiento de Collignon y Préaudeau y publican tablas que lo hacen de una aplicación facilísima.

La Ordenanza austriaca impone, de consiguiente, un método que ha dejado de ser admisible; ú obliga, por lo menos, á adoptar los resultados reconocidamente erróneos de ese método. La Circular francesa ha sido más prudente, pues á pesar del mayor acopio de datos con que hubiera podido proponer una escala de cargas uniformes, ha preferido abandonar á la competencia de cada ingeniero el trabajo indefinidamente perfectible de los cálculos.

1. Nota publicada en los *Annales des Ponts et Chaussées* (1889, 1.er semestre, pág. 125).
2. Íbid., 2.º semestre de 1889, pág. 331 y siguientes.

En apoyo de lo que precede, me parece oportuno extractar de las *Instrucciones* que sirven de comentario al Reglamento francés, los dos artículos que hacen al caso [1]:

" Artículo 1.º La adopción de un tren tipo tiene por objeto uniformar las condiciones de establecimiento de los puentes metálicos y poner su resistencia en relación con las cargas más fuertes que actualmente circulan en los ferrocarriles franceses. Este tren es el que servirá de base para los cálculos. Habrá, sin embargo, que sustituir á las máquinas y vagones tipos, las máquinas y vagones en servicio sobre la red á que pertenezca la obra proyectada, en los casos excepcionales en que resulte de esta sustitución un aumento de los esfuerzos soportados por las diferentes piezas de la obra.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

" Artículo 4.º Los pesos, dimensiones y agrupamiento de las máquinas, ténderes y vagones definidos en el artículo 4.º (del Reglamento), han sido elegidos de manera que den al tren tipo una composición que se aproxime en lo posible de la de los trenes más pesados formados con el material que actualmente está en servicio en las redes principales.

" Los esfuerzos que generalmente tendrán que soportar los puentes no excederán, pues, de ordinario, á los que corresponden al paso del tren tipo; podrán serles superiores, si las máquinas y ténderes están agrupados de un modo diferente, ó si hay en el tren vagones vacíos, pero el aumento que de ello resultase para el trabajo del metal, no alcanzará nunca á un kilogramo por milímetro cuadrado, y los coeficientes fijados por el artículo 2.º (del Reglamento) han sido establecidos de modo tal, que sin peligro puedan permitir dentro de ese límite un aumento excepcional de esfuerzos. Bastará, pues, hacer los cálculos por medio del tren tipo, bajo la reserva enunciada antes, á propósito del artículo 1.º

"La mente de la Administración ha sido dejar á los ingenieros una libertad completa en lo que respecta á la elección de los métodos empleados para hacer los cálculos; la única obligación que les impone es la de determinar con suficiente exactitud el límite de los esfuerzos soportados por cada una de las piezas que componen la obra, en las condiciones definidas por el artículo 4.º. Así se podrá, si se quiere, para el cálculo de los momentos flecten-

1. Instrucciones y Reglamento han sido publicados *in extenso* en el número de Enero de 1892, de las *Nouvelles Annales de la Construction.*

tes y para el de los esfuerzos cortantes, hacer uso de las sobrecargas virtuales uniformemente repartidas, pero demostrando que estas sobrecargas producen esfuerzos *superiores ó, á lo menos, iguales* á los que determinaría en cada punto el paso del tren tipo."

---

Veamos ahora, cómo se han fijado en cada una de las dos Reglamentaciones, los límites del coeficiente de trabajo imponible á los materiales metálicos: cuestión no menos esencial que la que acabo de examinar.

Aquí las ventajas de la Circular francesa son más evidentes todavía. Empieza por distinguir en la construcción de puentes, tres materiales metálicos: la fundición, el hierro y el acero, y fija para cada uno, los límites de trabajo admisibles según los casos, reconociendo, sin embargo, á la Administración la facultad de autorizar coeficientes más elevados para algún metal de cualidades diferentes, siempre que la pretensión de usarlos aparezca suficientemente motivada; da luego una definición precisa del hierro y del acero, basada en el alargamiento mínimo á la ruptura y en la resistencia mínima á la tracción, y acaba indicando la necesidad de incluir en los pliegos de condiciones, la obligación en que están los constructores de puentes metálicos, de verificar frecuentemente la calidad del material que empleen y especialmente, su grado de fragilidad, si es el acero, así como la relación del límite de elasticidad de este metal á su resistencia á la ruptura, relación que debe estar fijada de antemano en los citados pliegos de condiciones.

Se ve, en primer lugar, la importancia que da el Reglamento francés al acero, justificada plenamente por la generalización cada día mayor de su empleo en los puentes de grandes aberturas [1], en los cuales el uso del acero permite economizar más del veinte por ciento de material [2]. La Ordenanza austriaca, sin embargo, no lo menciona para nada. "Las experiencias hechas en Austria con el hierro fundido (acero dulce) no habían mostrado aún que este metal puede ser empleado corrientemente en los puentes, y no era

1. Se sabe que la Compañía del ferrocarril francés «Paris-Lyon-Méditerranée» ha decidido construir en acero todos los puentes nuevos de su red, cuya abertura pase de 50 m.

2. El 23 por ciento, según Kinnear Clark (*A Treatise on Civil Engineering* por H. Law, con adiciones de Kinnear Clark, 6.ª edición, Londres 1881, pág. 257). Según Barbet, la economía es mayor aún (*Cours de Chemins de fer*, por Humbert, pág. 185 del 1.er tomo).

posible fijar normas seguras para su uso." (Maximiliano de Leber, o. c., tomo I, pág. 92.) La Ordenanza austriaca, siguiendo el ejemplo de la Circular francesa del 77, sólo considera lo que llama hierro soldado (hierro forjado ó laminado).

En cuanto á los límites de alargamiento á la ruptura y de resistencia á la tracción, era de toda necesidad el darlos, porque á pesar de las clasificaciones que varias veces se han propuesto para los hierros y aceros, no hay otro medio que el empleado por la Circular francesa, para definir completamente, del punto de vista de la resistencia, un acero determinado ó una clase de aceros; si se partiera, por ejemplo, de la proporción de carbono, ó, más en general, de la composición química, para hacer una clasificación de estos metales, se asimilarían á un mismo tipo materiales dotados de cualidades resistentes muy diversas; por otra parte, aquella misma multiplicidad de clasificaciones ha introducido en la nomenclatura una oscuridad que era preciso evitar.

Otra innovación de la Circular del 91, con respecto á la del 77, consiste en no contar en las secciones de las piezas más que la parte resistente, rebajando, como es lógico, la que ocupan los agujeros de los pernos ó roblones; pero en esto concuerdan la Circular francesa y la Ordenanza austriaca.

Con respecto á los valores particulares de los coeficientes máximos de trabajo para la fundición y el hierro, nada me compete decir, pues ninguno de estos dos metales entra en la construcción que proyecto. Para el acero, la Circular francesa ha reconocido (como para el hierro) la necesidad de dar más de un coeficiente. En las circulares anteriores, sin embargo, se indicaba un solo máximo para el trabajo del hierro que exigiría varios con más razón aún que el acero [1]. Pero hoy, los ingenieros están todos de acuerdo en que el límite del trabajo debe ser proporcionado á la calidad del metal, á la abertura del puente y á la naturaleza de los esfuerzos (esfuerzos constantemente dirigidos en un sentido, esfuerzos de sentidos alternativamente diferentes, etc.) [2].

El texto de la Circular del 91 no olvida ninguna de estas circunstancias:

" Artículo 2.º *Límites del trabajo del metal.* — Las dimensiones

1. A causa del laminado.
2. Résal: *Ponts métalliques*, tomo I, página 49. El mismo autor hace observar que «la influencia de las vibraciones y de la variación de los esfuerzos, es tanto menos sensible cuanto mayor es la abertura del puente.» (O. c. tomo I, página XXVIII.)

de las diferentes piezas de los puentes, se calcularán de modo que, en la posición más desfavorable de los trenes designados en el artículo 1.°, y teniendo en cuenta la carga permanente y los esfuerzos accesorios, tales como los que pueden ser producidos por las variaciones de temperatura; el trabajo del metal por milímetro cuadrado de sección *neta*, es decir, haciendo deducción de los agujeros de roblones ó pernos, no pase de los límites indicados á continuación:

" I — Para la fundición ....................................

" II — Para el hierro y el acero que trabajen á la extensión, á la compresión ó la flexión:

| | |
|---|---|
| para el hierro ...................... | 6 kg. 50 |
| para el acero ...................... | 8 " 50 |

" Sin embargo, estos límites serán rebajados á 5 kg. 50 para el hierro y á 7 kg. 50 para el acero, en las *piezas de puente*, largueros y traviesas colocadas bajo los rieles; á 4 kg. para el hierro y á 6 kg para el acero, en las barras de las triangulaciones del enrejado y demás piezas expuestas á esfuerzos alternativos de extensión y de compresión; estos límites podrán, sin embargo, aproximarse á los precedentes, en las piezas sometidas á débiles variaciones de estos esfuerzos.

" Al establecer el proyecto de una obra metálica de abertura superior á 30 metros, los ingenieros podrán aplicar al cálculo de los cuchillos principales, límites superiores á los que se han fijado antes, sin exceder nunca á los siguientes·

| | |
|---|---|
| para el hierro ...................... | 8 kg. 50 |
| para el acero ...................... | 11 " 50 |

debiendo en cada caso particular justificar los límites de que hayan creído deber hacer uso.

" Se aplicará á los esfuerzos cortantes y de resbalamiento longitudinal, los mismos límites que á los esfuerzos de extensión y de compresión, pero haciéndoles sufrir una reducción de un quinto, entendiéndose que las piezas tendrán las dimensiones suficientes para resistir al alabeo. "

Por el último párrafo de la cita que precede, se echa de ver que el Reglamento francés toma en consideracién la diferencia

(que antes se despreciaba) entre la resistencia á la extensión ó á la compresión y la resistencia al esfuerzo cortante. Al indicar la proporción de 4 á 5 entre los coeficientes de resistencia al esfuerzo cortante y á la extensión ó compresión, la Circular francesa da para el trabajo del hierro al esfuerzo cortante, el límite más bajo de los que resultan de las experiencias hechas hasta ahora. Pero no sucede lo mismo con el acero, cuyo coeficiente de fractura por esfuerzo cortante es sensiblemente menor que los 4/5 del coeficiente de fractura por extensión. Para este metal

$$\frac{R''}{R} \left| \frac{\overline{R''}}{\overline{R}} \right|$$ [1]

varía entre 0,69 y 0,78. "La resistencia de fractura por esfuerzo cortante, varía del 69 al 78 por ciento de la resistencia á la fractura por extensión. Mr. Kirkaldy ha hallado en diez y seis experiencias hechas con trozos de una barra de acero para roblones, un término medio de 73,5 por ciento, y llegó al mismo resultado operando sobre doce muestras de acero de Fagersta........

"Puede, en resumen, aceptarse como resistencia del acero al esfuerzo cortante, un término medio de 72 por ciento de su resistencia á la extensión." [2]

Marvá (*Mecánica aplicada*) aconseja tomar $\frac{R''}{R} = 0{,}75$ que es también la proporción indicada por Trautwine [3] y otros.

Como ignoro los fundamentos de este párrafo del artículo 2.°, en desacuerdo con las autoridades que acabo de citar y con las experiencias de Kirkaldy, J. F. Smith, etc., me veo en la necesidad de adoptar la opinión que, en ausencia de otros datos, me parece más razonable, fijándome en 0,75 la relación de R'' á R.

Puesto que las mismas causas que hacen variar los límites prácticos del trabajo á la extensión y á la compresión intervienen cuando se trata del *cizallamiento* y del resbalamiento longitudinal, los tales límites correspondientes á estos dos últimos casos deben ser proporcionales á los que se adopten para los dos primeros, y en esto la Circular francesa es más consecuente que la Ordenanza austriaca, que da un solo límite para el esfuerzo cortante.

---

1. R y R'' representan los coeficientes de trabajo á la extensión y al esfuerzo cortante respectivamente; $\overline{R}$ y $\overline{R''}$ los de fractura.
2. *A Manual of Rules, Tables, and Data for Mechanical Engineers, etc.*, por Daniel Kinnear, Londres, 1878, pág. 617.
3. *The Civil Engineer's Pocket-book.*

Las demás disposiciones son de un interés secundario, comparadas con las que acabo de analizar. Me limitaré á enumerarlas rápidamente.

Al fijar la presión máxima del viento, en la Circular como en la Ordenanza, se han tenido en vista las conclusiones de la Comisión nombrada por el Gobierno Inglés (con motivo de la catástrofe del puente del Tay) para estudiar los efectos dinámicos de ese agente atmosférico.

En el *Report of the Committee appointed to consider the question of the wind presure on railway structures, London, 1881,* se aconsejaba adoptar una presión de 56 lbs. por pie cuadrado, ó sea, 273 $^{kg}$ por metro superficial, en la hipótesis de que los trenes siguen circulando sobre los puentes á pesar del violento huracán que ese límite de presión implicaría. En los dos Reglamentos que comparo, se ha tomado también la presión de 270 $^{kg}$ por metro superficial, como equivalente estático de la acción dinámica máxima del viento, pero, suponiéndola aplicada sólo á la construcción, y admitiendo que cuando pasa de 170 $^{kg}$ la presión del viento, queda por ese hecho interrumpido el tránsito de los trenes sobre los puentes.

Por lo demás, el límite de 270 $^{kg}$ es bastante arbitrario. La misma memoria que acabo de citar calcula en 440 $^{kg}$ por metro, la presión producida el 2 de Marzo de 1871 por un terrible golpe de viento sobre el aparato de Bidstone cerca de Liverpool, y según Trautwine [1], huracanes de cien millas por hora (de los que no faltan ejemplos) podrían producir una presión de 100 lbs. por pie cuadrado, ó sea de 490 $^{kg}$ por metro superficial. Pero estas presiones constituyen casos de fuerza mayor, y, con tal que no lleguen al límite de ruptura ni se repitan con frecuencia, deben influir muy poco en la estabilidad.

La Circular francesa considera además de la presión sobre las vigas maestras, la que obra sobre las pilas, si son metálicas, y obliga á calcular el esfuerzo de resbalamiento y el momento de vuelco del puente [2]. Nada de esto figura en la Ordenanza austriaca.

El lanzamiento del tablero presenta el peligro de imponer á algunas de sus piezas esfuerzos demasiado superiores á los que han

1. *The Civil Engineer's Pocket book.*
2. El ejemplo del puente del Tardes arrojado por el viento fuera de sus apoyos, demuestra que el temor de un resbalamiento ó de un vuelco no tiene nada de quimérico (V. el *Génie Civil,* 2.° semestre de 1884, página 237.)

de soportar después de establecido el puente: un ejemplo típico de las consecuencias desastrosas de un lanzamiento mal estudiado, lo tenemos en la ruptura de la platabanda inferior de las vigas del puente de Douarnenez durante esa operación [1]. Tales ejemplos son naturalmente muy raros, y si sólo fuera de temer la ruina inmediata de la obra, los ingenieros se asegurarían casi siempre contra esta eventualidad, sin que una prescripción reglamentaria los obligara á ello; — y aun cuando la catástrofe se produjera en el acto del lanzamiento, los empresarios serían, en general, los únicos perjudicados. Pero desgraciadamente, el efecto inmediato de un exceso de fatiga sobre una pieza, se limita de ordinario, á una desorganización interior y latente de la materia, que suele manifestarse cuando ya es demasiado tarde para repararla.

En las consideraciones que preceden, se funda probablemente el artículo 8.° de la Circular francesa (el cual no tiene correspondiente en la Ordenanza austriaca):

"Artículo 8.° *Cálculo de los esfuerzos durante el lanzamiento.* — Cuando la colocación del tablero se haga por medio del lanzamiento, será preciso demostrar que el trabajo del metal durante esta operación, no alcanzará en ninguna pieza á un límite peligroso."

Vienen finalmente las disposiciones que se refieren á las cargas de prueba. La Circular francesa es muy clara y precisa en esta parte: los trenes de prueba que prescribe son fáciles de combinar, ó mejor dicho, están ya completamente determinados en su artículo 9.° En efecto, el párrafo 1.° de este artículo define la composición del tren de prueba, sin dejar lugar á dudas; ese tren es, según los casos, el tren tipo ó el tren más desfavorable de los que pueden circular sobre el puente.

En la Ordenanza austriaca, el mal inspirado principio de las cargas virtuales uniformemente repartidas, ha introducido una cierta complicación y oscuridad, de que puede juzgarse por los extractos siguientes:

" § 8.° *Formalidades que hay que llenar para la visita de inspección, etc.* — Para provocar este acto administrativo, habrá que presentar una solicitud por escrito á la Inspección de Ferrocarriles, designando las obras que hay que someter á la prueba, recordando las decisiones y documentos aprobatorios, y añadiendo las memorias y piezas siguientes:

1. V. el *Génie Civil*, núm. del 3 de Enero de 1885.

" 1.° el croquis convencional [1] de los trenes que se empleen para la sobrecarga de prueba, *los cuales deben producir en lo posible los mismos momentos de flexión que las cargas móviles prescritas en el parágrafo 3.°....*

" 2.° Las relaciones, calculadas en centésimos, entre las cargas de prueba obtenidas por medio del tren, y las prescritas; así como el cuadro de las mayores deformaciones elásticas determinadas por el cálculo, para el tren de prueba. "

La prueba de los puentes es una importantísima verificación de los cálculos de estabilidad y resistencia, y más aún, de la calidad de los materiales; pero, es necesario, para que esta verificación sea seria: 1.° tomar, en el acto de la prueba, nota de las deformaciones que experimenta el puente, para compararlas con las que el cálculo ha previsto ; 2.° repetir periódicamente las pruebas, á fin de comprobar de cuando en cuando el estado de conservación de la obra.

La utilidad de esta segunda medida me parece fuera de toda duda.

En apoyo de la primera no puedo hacer nada mejor que citar la opinión de Résal:

" Los puentes, dice este sabio, se calculan de modo que el trabajo del metal, sometido á la influencia de la carga permanente y de la sobrecarga de prueba, no exceda jamás al quinto ó al cuarto, cuando mucho, del límite de ruptura. De ahí resulta que, en las pruebas que se hacen sufrir á estas obras, antes de entregarlas á la circulación, el peso suplementario que se las obliga á soportar debería poder ser quintuplicado, y hasta decuplado en algunos casos, sin causar la destrucción de la obra. De esto debemos concluir que, por mal concebida y ejecutada que esté la construcción, ha de soportar victoriosa este ensayo preliminar, — y es lo que demuestra efectivamente la experiencia. Todos los puentes buenos, medianos y malos, resisten á las pruebas reglamentarias. Estas no pueden dar indicaciones útiles ni datos probantes, sino á condición de verificar, midiendo las deformaciones que la obra experimenta, que su deformación bajo la carga es tal cual el cálculo la ha previsto. Conviene, pues, comparar la deformación efectiva con la deformación teórica, y debe admitirse

1. Este croquis contendrá las cargas axiales y las distancias mutuas de los ejes, datos que sirven de base para el cálculo de las cargas uniformemente repartidas equivalentes.

que, si el puente llena las condiciones requeridas, y los cálculos de estabilidad han sido hechos correctamente, la diferencia que se observe será insignificante. Si, al contrario, esta diferencia es notable, no se podrá razonablemente tener ninguna confianza en la solidez de la obra."

---

Recapitulando todo lo que precede: seguiré generalmente las indicaciones de la Circular francesa del 91, excepto en lo que se refiere al coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante para el acero, que yo tomaré igual á 0,75 del de trabajo por extensión, y excepto también, en lo que se refiere á la carga móvil, que figura, como he dicho antes, entre los datos obligados del programa.

---

## 2.º — DESCRIPCION Y PRESUPUESTO DE LA OBRA

### Descripción

Antes de empezar la descripción, recordaré que se me ha fijado entre las condiciones obligatorias, la forma general del viaducto y el número y longitud de sus tramos; lo cual me exime de justificar las disposiciones generales de la construcción, como debería hacerlo, si sólo me hubieran propuesto la sección del valle y el objeto de la obra.

He creído deber ceñirme estrictamente á aquellas condiciones.

El único dato que me ha parecido necesario modificar ligeramente, es el que se refiere á la triangulación destinada á unir las tablas de cada viga principal. Las cruces de San Andrés (con montantes verticales) que se me indicaban, tienen el grave inconveniente de exigir piezas superabundantes que aumentan el peso de la obra sin más utilidad que simplificar un poco el cálculo, pero impidiendo darse cuenta exacta del género y magnitud del trabajo en cada pieza. Yo emplearé el sistema Pratt simple con los contratirantes necesarios.

Tal vez no tenga gran importancia práctica esta modificación, pues sé que en muchas obras de este género, sabiamente ideadas

y recientes, las cruces de San Andrés se han empleado en toda la extensión de cada tramo; pero no se puede negar, en teoría al menos, la conveniencia de limitarlas á la parte central de los tramos, donde el esfuerzo cortante puede cambiar de sentido. Es lo que yo he proyectado, siguiendo la opinión de Résal [1].

*Descripción sumaria.* — La longitud total de la parte metálica es de $234^m$, dividida en cuatro tramos: dos de $52^m$, y los otros dos, que son los centrales, de $65^m$. La relación entre la longitud de un tramo central y la de uno de ribera es de 1,25, la más recomendable.

El tablero metálico se compone de dos vigas principales, reunidas superiormente por las *piezas de puente,* é inferiormente por el arriostrado ó *contraventamiento* horizontal.

Las pilas que empleo son de acero y se apoyan sobre una base de sillería. Las dos primeras (yendo de izquierda á derecha en el plano 2.º) tienen la misma altura; la tercera es más pequeña. Los montantes de estas pilas (en número de cuatro para cada una), son rectos y están unidos por medio de cruces de San Andrés y piezas horizontales.

Dos macizos triangulares de mampostería dan acceso al viaducto y se unen de cada lado con los terraplenes del ferrocarril.

Las fundaciones no ofrecían dificultad ninguna, pues el terreno sólido se halla á dos metros de profundidad en el valle; y aprovechando la época del estiaje para levantar las pilas altas, se puede hacer en seco la fundación de los macizos que les sirven de base.

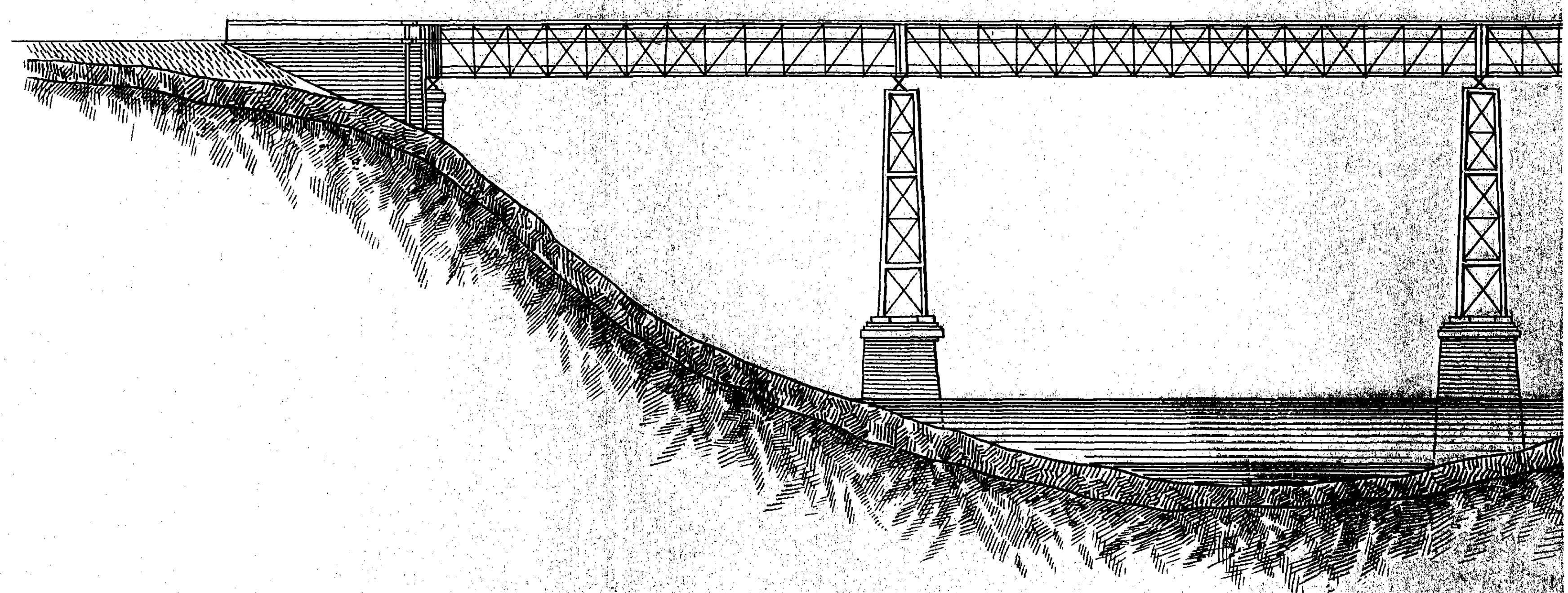
*Descripción detallada.* — A, Tablero. — La primera cuestión principal que debía estudiar, era la de la altura de las vigas principales. Según Résal [2], dicha altura debe estar comprendida entre los $\frac{8}{100}$ de la abertura mayor y los $\frac{12}{100}$ de la menor, ó sea, en nuestro caso, entre $5^m20$ y $6^m24$. Los constructores europeos suelen tomar para esa altura, el décimo de la abertura mayor del puente ($6^m50$ en nuestro viaducto). Yo la limito á $5^m5$ porque es prudente no exagerar esta dimensión en los puentes de una sola vía, en los que el tablero tiene una base estrecha de apoyo sobre las pilas. (La altura de las vigas la cuento fuera de escuadras, como se acostumbra.)

1. *Ponts métalliques* (tomo I, pág. 166, y tomo II, págs. XXVI, XXVIII, 227 y 1541).
2. *Ponts métalliques*, tomo II, pág. 215.

PROYECTO DE UN VIA

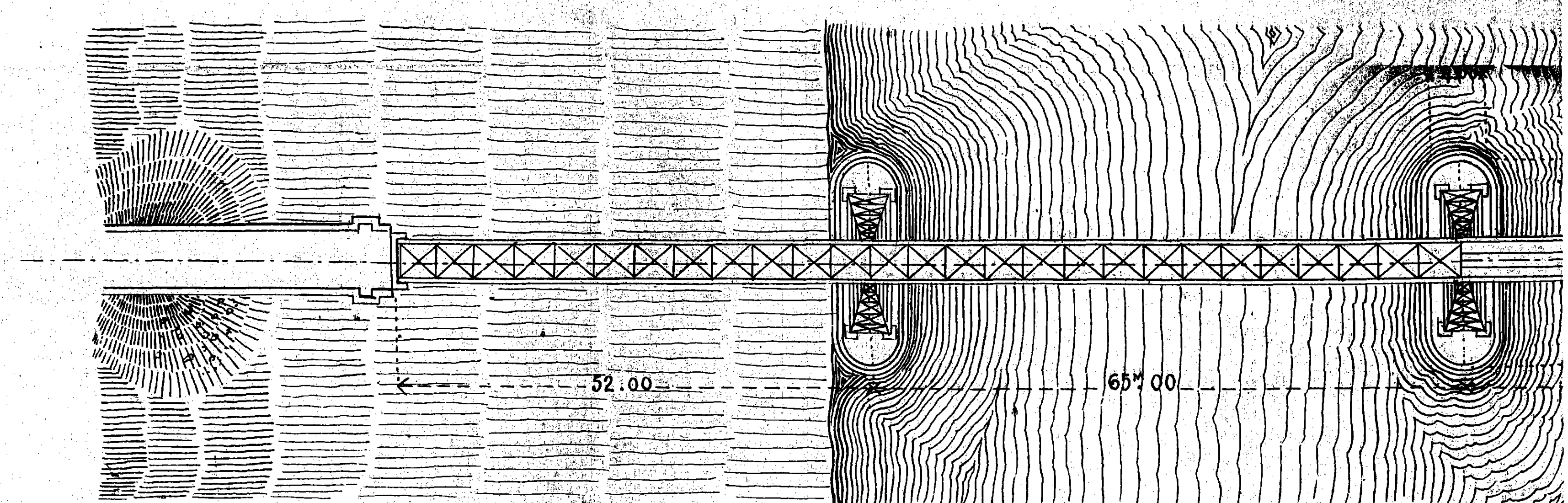
*Escala* 1

ALZADO



PLANTA

BAJO EL RIEL

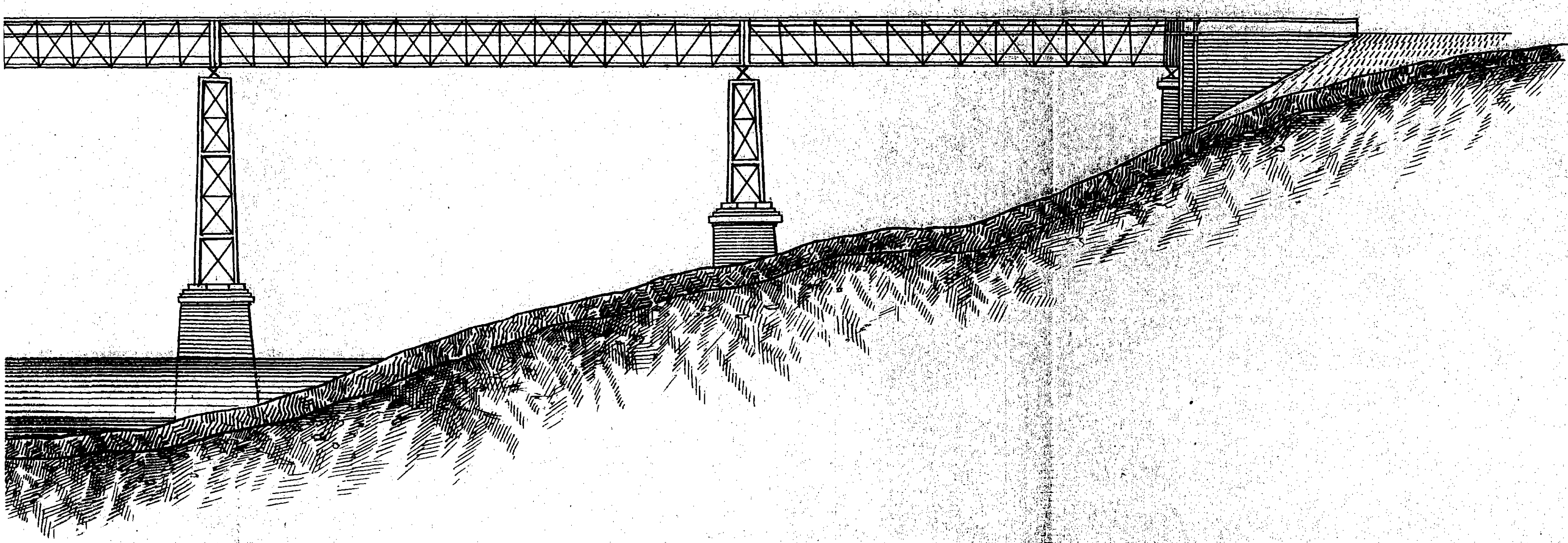


Plano N.° 2

# DE UN VIADUCTO METÁLICO

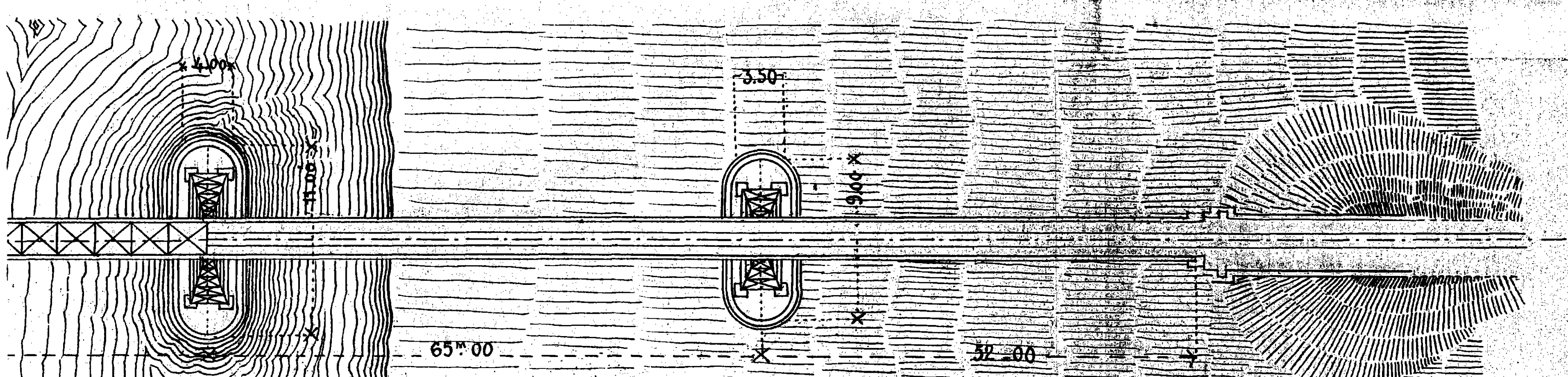
*Escala* $\frac{2}{1000}$

ALZADO



PLANTA

SOBRE EL RIEL



La segunda cuestión principal que había que resolver, era la de la colocación de los rieles en la parte superior, inferior ó media de las vigas. Esta cuestión es compleja. Del punto de vista económico, es conveniente colocar los rieles en la parte superior, reduciendo así al mínimum la altura de las pilas; pero consideraciones de estabilidad nos conducirían á una conclusión opuesta: colocando inferiormente los rieles se obtiene esta ventaja, que el punto de aplicación de la resultante de los esfuerzos debidos al viento sobre un tren que ocupe el viaducto, se encuentra lo más próximo posible á la arista de vuelco, y la estabilidad es tanto mayor, por consiguiente; hay también á favor de esta segunda solución, la probabilidad de ser menos desastroso un descarrilamiento. Yo he creído mejor adoptar una solución intermedia: la vía está en el interior del tablero, como lo aconsejaba M. Croizette-Desnoyers, pero su distancia al plano superior de las vigas principales, es sólo de $1^m50$, para permitir un eficaz arriostrado horizontal y dejar, entre él y los rieles, el espacio necesario para la colocación de una pequeña vía de servicio cada vez que se haga la inspección de las pinturas, roblonados, etc.

La división del alma en secciones, para disponer las cruces de San Andrés, está subordinada á la doble condición de ser iguales todas estas secciones y ocupar una parte alícuota de cada tramo; he conseguido fácilmente llenar estos dos requisitos, dividiendo en doce secciones los tramos de ribera y en quince los centrales, puesto que $\frac{52}{65}=\frac{12}{15}$. Con este modo de división, he logrado, además, que el ángulo de las aspas con los montantes sea de muy cerca de 45°, que es el que mejor se prestaría á la repartición de los esfuerzos.

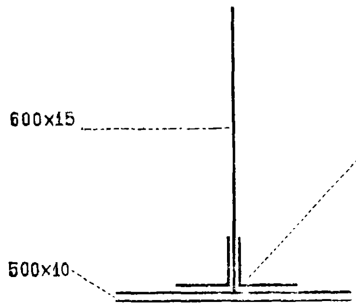
La distancia entre las almas de las vigas principales, es de $5^m00$, lo que me ha permitido dar en el nivel de los rieles, un ancho al viaducto de $4^m50$, como lo prescribe el art. 15 de la Reglamentación de nuestra Ley de Ferrocarriles de 1884.

Para las disposiciones de detalle, me he guiado principalmente por la bella *Descripción del Viaducto de Garabit,* libro póstumo del ingeniero francés León Boyer [1]: los detalles de las construcciones metálicas son el resultado de una larga experiencia, y sería pretensión ridícula querer innovar en ese terreno que sólo pueden conocer á fondo los ingenieros prácticos. Sin embargo he supri-

1. *Viaduc de Garabit sur la Trueyre.* — París 1888.

mido algunas piezas de poca importancia ó casi inútiles (p. e., una de las aspas de las cruces de San Andrés en la proximidad de los apoyos) y he seguido en el cálculo, métodos completamente diferentes. (Para esta parte de mi trabajo, la obra que más he consultado, es la de Puentes metálicos de Résal.)

Las vigas principales constan, dejando de lado la triangulación, de dos nervios, compuestos de varios palastros horizontales unidos en su línea media á otro vertical, por dos escuadras iguales, como lo indica el croquis adjunto.




Las dimensiones inscritas en este croquis se fundan en lo siguiente:

Según Chicchi [1], la altura del palastro de alma debe estar comprendida entre $8^{mm}$ y 25. Las alas de las escuadras deben ser iguales, cuando se emplea palastro de alma; en cuanto á sus dimensiones, deben ser tales que su sección $\omega$ equivalga á la de uno de los palastros de las platabandas, es decir, en el presente caso,

$$\omega = \frac{2}{3}\ 500 \times 10 = 3333^{mm},$$

y, una vez determinada la longitud $a$ de las alas ($100^{mm}$), el espesor $s$ vendrá dado por la fórmula:

$$s = -a + \sqrt{a + \omega}$$

y haciendo las sustituciones numéricas:

$$s = -100 + \sqrt{10{,}000 + 3333} = 115 - 100 = 15^{mm};$$

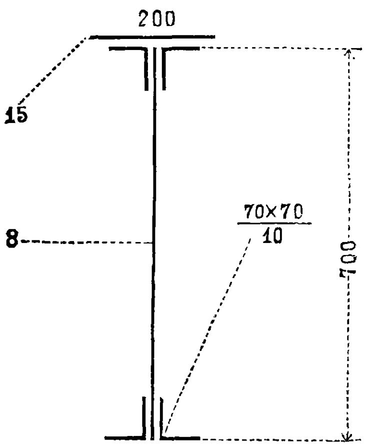
es el espesor que he adaptado.

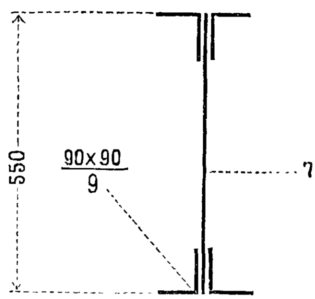
1. *Corso teorico pratico sulla construzione dei ponti metallici, per Pio Dr. Chicchi,* página 399.

Al palastro vertical ó de alma de la viga, se unen las barras de la triangulación; cuando hay dos que se cruzan, cada una está á diferente lado, para no tener necesidad de interrumpir una de ellas, ó las dos, como se hizo en el gran puente de Burdeos, cuyas vigas principales son de alma doble, con cruces de San Andrés en forma de simple T, en las cuales una de las barras al cruzarse con la otra pierde su alma y hace perder á la otra su tabla.

Siguiendo el sistema de construcción que más se emplea en Europa y que consiste (al revés de lo que se hace en Norte-América) en aumentar todo lo posible la rigidez de la obra [1], uno con roblones los dos cruceros, interponiendo entre éstos una placa de relleno de un espesor igual al del alma, para evitar de ese modo que los roblones sufran un esfuerzo de arranque en las cabezas y que las barras de la cruz se deformen. La idea de emplear estas placas, la he encontrado en la obra de Chicchi sobre puentes [2].

Para las *piezas de puente* y largueros (viguetas transversales y longitudinales), las dimensiones son las inscritas en los cortes que van á continuación:



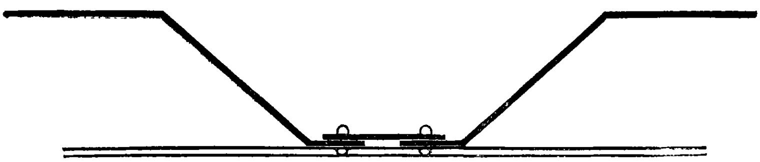

Hay una vigueta transversal frente á cada montante, y hay en toda la extensión del viaducto metálico cinco filas de viguetas longitudinales.

1. Las ventajas de la rigidez de las vigas están expuestas en Résal, obra citada, tomo I, pág. 179 y siguientes, y en Marvá, *Mecánica aplicada*, pág. 955.

2. Página 406.

El arriostrado horizontal se compone de cruces de San Andrés separadas por montantes que aquí tienen su razón de ser en el hecho de variar de dirección el viento á cuyos esfuerzos se oponen.

El piso está constituído por hierros Zorés colocados transversalmente y unidos á las cabezas de los largueros, según se echa de ver por la figura siguiente:



Finalmente, para la roblonadura emplearé roblones de acero de $19^{mm}$ de diámetro. En el viaducto de Garabit se emplearon tres diámetros de roblones, pero que difieren en sólo dos milímetros. Los roblones, como se ve en los dibujos de detalles (Plano 3.°), están dispuestos en el menor número posible de filas, para reducir á su mínimo el desperdicio de sección que causan.

B. Pilas metálicas. — Desde luego, el tablero se apoya sobre el coronamiento de las pilas, no directamente, sino con interposición de un aparato de rótula por el estilo del que describe Résal (obra citada, tomo II, pág. 125), cuyo aparato tiene la ventaja de fijar casi en un punto el paso de la dirección de la carga sobre las pilas. En todos estos aparatos, menos en el central (que es fijo), existe además un carrete de dilatación.

Los montantes son rectos; dada la poca altura de la pila, no valía la pena adoptar la disposición, mucho más difícil de realizar, de los montantes curvos. Hay cuatro montantes en cada pila, lo que hace fácil la aplicación de esta regla enunciada por Résal: "Los puntos de intersección de las fibras medias de todos los montantes de una pila con una sección horizontal cualquiera, deben hallarse situados sobre el perímetro de un rombo cuyos vértices estén en los planos verticales de simetría." (Obra citada, tomo II, pág. 570.)

Pero no he creído deber sujetarme á otra regla (de M. Nordling) que pretende fundarse en razones de estética y prescribe que los montantes todos vayan á encontrarse en un solo punto, si se les supone idealmente prolongados hacia arriba; de modo que la pila ofrezca la apariencia de un tronco de pirámide perfecto.

Las dimensiones de las pilas son las que indica el plano 2.°

El talud de las caras de elevación es de 0,10, y el de las caras laterales es de 0,04.

Hay conveniencia en que las cruces de San Andrés que hacen solidario el sistema de los cuatro montantes, tengan la misma altura en toda la elevación de las pilas. En algunas pilas del viaducto de Garabit, las cruces inferiores son menos altas que las otras; pero esta disposición debe evitarse.

El número de las cruces en cada cara, es de 3 en la pila pequeña y de 5 en las grandes.

C. Mamposterías. — En mi proyecto las mamposterías no tienen gran importancia. Podría emplearse el granito azul que abunda en nuestro país y tiene generalmente cualidades inmejorables de resistencia (dureza, homogeneidad, etc.). Para mortero, emplearía el portland, cuyas condiciones de admisibilidad no enumero porque son bien conocidas. (Véase Pardo, *Materiales de construcción*, págs. 78 y 108.)

Para la base de las pilas, he elegido una forma especial que puede verse en la planta del viaducto (dibujo 2.°): los tajamares de las pilas mayores se extienden á toda su altura, pues, siendo ésta muy pequeña, hubiera hecho pésimo efecto dividirla todavía. No he dado á estos tajamares la sección ojival, ó mejor, semiovalada, que se recomienda cuando la corriente es considerable; el hecho de haber una capa uniforme de arcilla en el fondo del río, demuestra que la velocidad del agua es muy pequeña. (Según Dubosque, pág. 94 de *Murs de soutènement, etc.*, para un lecho de arcilla; velocidad = $0^{m}15$ por segundo.)

Por razones de uniformidad he conservado la misma forma para la base de la otra pila.

---

## Presupuesto de la obra

He aquí los datos en que se fundan el metraje y detalle estimativo que van á continuación.

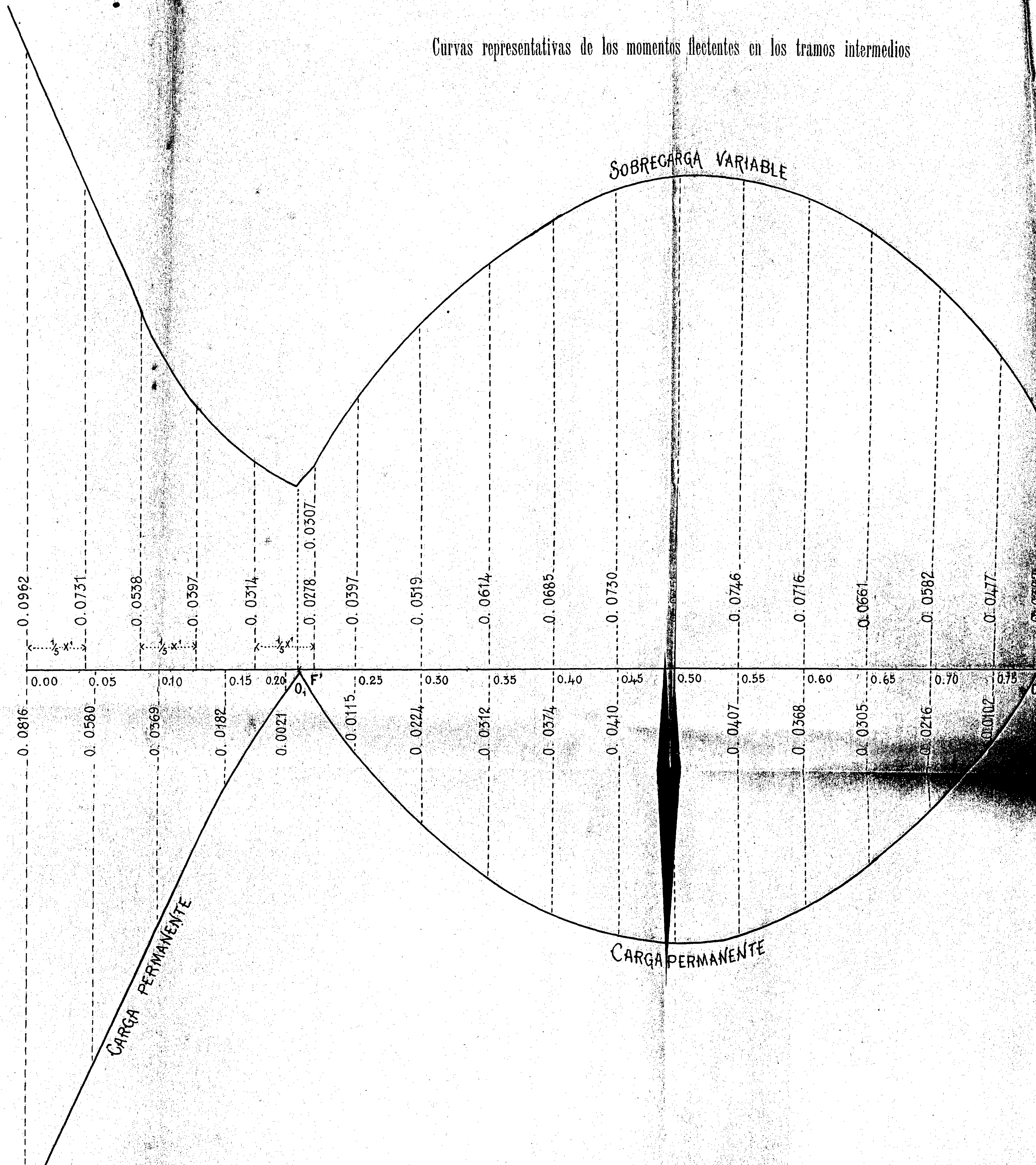
Densidad del acero dulce, según las tablas del "Annuaire du Bureau des Longitudes", 1892, p. 534: 7,833.

El peso del metro cúbico de mamposterías es de $2.600^{kg}$.

El precio del acero es el que indica uno de los últimos núme-

# PROYECTO DE UN VIADUCTO METÁLICO

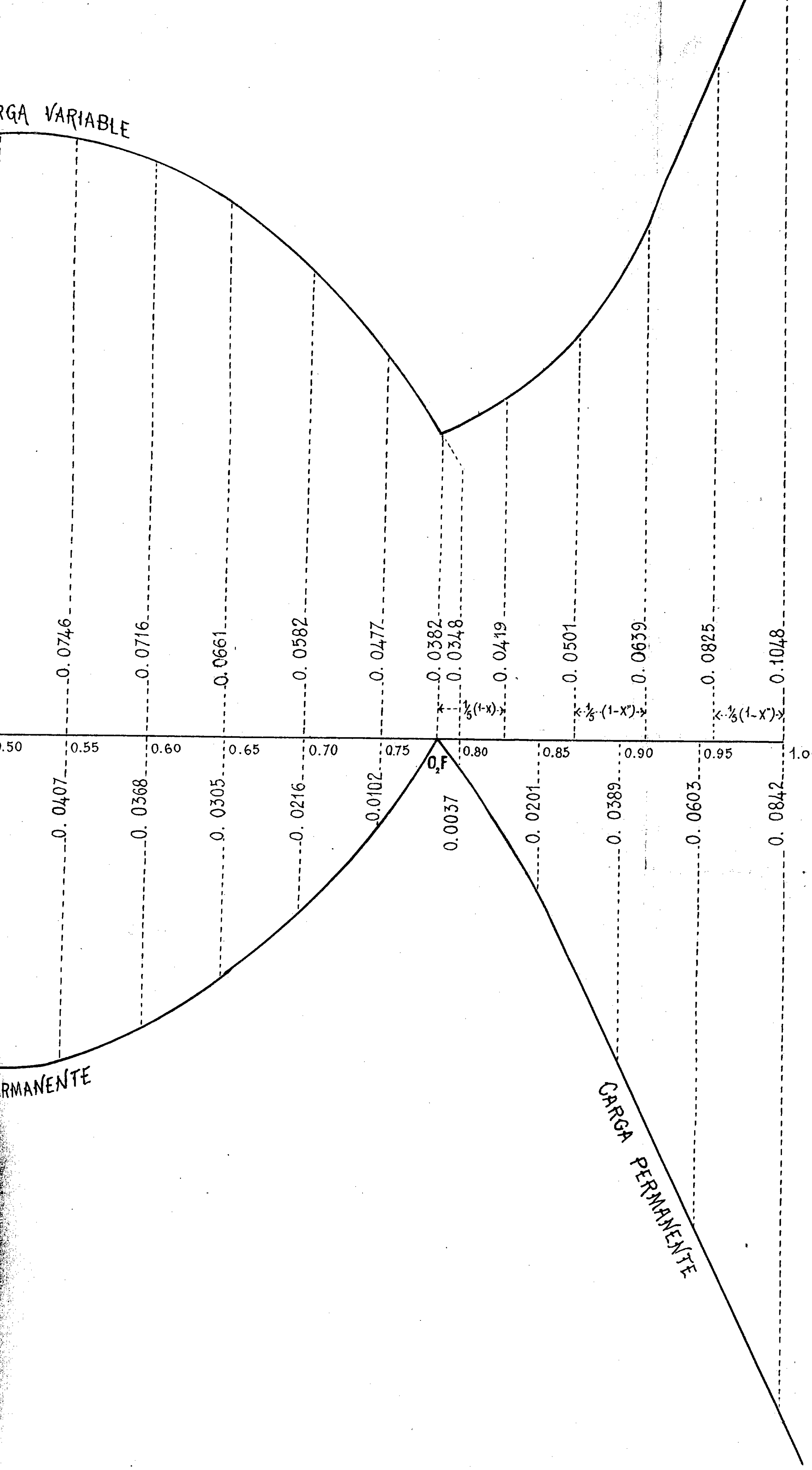
## Curvas representativas de los momentos flectentes en los tramos intermedios




NOTAS — La escala de las ordenadas es cinco veces mayor que la de las abscisas. La unidad de longitud es L y las de momentos son: $pL^2$ para la carga permanente y $p'L^2$ para la sobrecarga.

# ...IADUCTO METÁLICO

...s flectentes en los tramos intermedios



ros del *Agenda Oppermann;* el de la madera, lo he sacado del *Curso de Puentes y Viaductos metálicos* de Regnauld; el de las mamposterías, de la descripción del Viaducto de Garabit por L. Boyer, etc.

Para calcular las secciones rectas de las escuadras, sumo las longitudes de las alas y multiplico la suma por el espesor; esto conduce, naturalmente, á un pequeño error por exceso.

Observación: El peso total del tablero es de $650.000^{kg}$, ó sea, $2.600^{kg}$ por m. corriente: muy poco más de lo que se había previsto en el Programa.

---

METRAJE

| Designación de las piezas | N.º de piezas | Largo | Ancho | Grueso | Volumen parcial | Peso parcial | Peso total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A. ACERO | | | | | | | |
| *1.º Una viga principal* | | | | | | | |
| Platabandas horizontales corrientes | 2 | $234^{m}$ | $0^{m},5$ | $0^{m},01$ | $1^{m},170$ | $9165^{kg}$ | $18330^{kg}$ |
| Íd. íd. de refuerzo | 2 | $468^{m}$ | $0^{m},5$ | $0^{m},01$ | $2^{m},340$ | $18329^{kg}$ | $36658^{kg}$ |
| Palastros de alma | 2 | $234^{m}$ | $0^{m},6$ | $0^{m},015$ | $2^{m},106$ | $16496^{kg}$ | $32992^{kg}$ |
| Escuadras horizontales corrientes | 4 | $234^{m}$ | $\frac{100.100}{12}$ | | $0^{m},562$ | $4402^{kg}$ | $17608^{kg}$ |
| Cubrejuntas de las platabandas horizontales | 68 | [1] $1^{m}$ | $0^{m},5$ | $0^{m},01$ | $0^{m},005$ | $39^{kg}$ | $2652^{kg}$ |
| Pequeñas placas de cubrejunta de las mismas platabandas | 136 | $0^{m},4$ | $0^{m},15$ | $0^{m},01$ | $0^{m},0006$ | $4^{kg},7$ | $639^{kg}$ |
| Escuadras horizontales de cubrejunta | 136 | $0^{m},83$ | $\frac{100.100}{12}$ | | $0^{m},020$ | $157^{kg}$ | $21352^{kg}$ |
| Cubrejuntas de los palastros de alma | 136 | $0^{m},5$ | $0^{m},26$ | $0^{m},015$ | $0^{m},002$ | $16^{kg}$ | $2156^{kg}$ |
| Montantes y barras inclinadas de la triangulación del alma | | | | | $2^{m},436$ [1] | $19081^{kg}$ | $19081^{kg}$ |
| Palastros de ensambladura (Goussets) entre los montantes y las traviesas | 55 | $2^{m2},50$ | | $0^{m},01$ | $0^{m},025$ | $196^{kg}$ | $10780^{kg}$ |

1. Este dato lo he obtenido multiplicando la sección de cada pieza tal como la indican las tablas de págs. 807, 808 y 809 por su longitud. Es claro que el resultado obtenido es un poco inferior á la realidad.

| Designación de las piezas | N.º de piezas | Largo | Ancho | Grueso | Volumen parcial | Peso parcial | Peso total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Escuadras de los bordes superiores de estos palastros de ensambladura. | 110 | $1^m,7$ | $\frac{70.70}{8}$ | | $0^m,002$ | $172^{kg}$ | $18920^{kg}$ |
| Plaquitas de relleno de las secciones de la triangulación en que hay cruces de San Andrés. | 26 | $0^m,33$ | $0^m,33$ | $0^m,015$ | $0^m,0016$ | $12^{kg},5$ | $325^{kg}$ |
| Total de una viga................ | | | | | | | 181493 |
| " de las dos vigas.............. | | | | | | | 362986 |
| *2.º Traviesas ó piezas de puente* | | | | | | | |
| Almas....................... | 55 | $4^m$, | $0^m,7$ | $0^m,008$ | $0^m0,224$ | $175^{kg}$ | $9625^{kg}$ |
| Escuadras.................... | 220 | $5^m$, | $\frac{70.70}{10}$ | | $0^m,007$ | $55^{kg}$ | $12100^{kg}$ |
| Tablas...................... | 110 | $4^m$, | $0^m,2$ | $0,^m015$ | $0^m,012$ | $94^{kg}$ | $10340^{kg}$ |
| Cubrejuntas del alma con los palastros de ensambladura entre las traviesas y los montantes de las vigas principales..... | 220 | $0^m,5$ | $0^m,55$ | $0^m,008$ | $0^m,0022$ | $17^{kg}$ | $3740^{kg}$ |
| *3.º Largueros* | | | | | | | |
| Almas....................... | 5 | $234^m$ | $0^m,55$ | $0^m,007$ | $0^m,901$ | $7057^{kg}$ | $35285^{kg}$ |
| Escuadras corrientes.......... | 20 | $234^m$ | $\frac{90.90}{9}$ | | $0^m,379$ | $2964^{kg}$ | $59380^{kg}$ |
| Trozos de escuadra de las ensambladuras con las traviesas. | 1080 | $0^m,55$ | $\frac{10.10}{9}$ | | $0^m,001$ | $8^{kg}$ | $8640^{kg}$ |
| *4.º Contraventamiento ó arriostrado* | | | | | | | |
| Cruces de San Andrés y barras que las separan............. | | | | | $1^m,735$ (1) | $13590^{kg}$ | $13590^{kg}$ |
| Palastros de ensambladura con las vigas principales......... | 110 | $0^{m2},16$ | | $0^m,012$ | $0^m,002$ | $16^{kg}$ | $1760^{kg}$ |
| Palastros de ensambladura de las aspas de cada cruz...... ... | 54 | $0^m,5$ | $0^m,4$ | $0^m,012$ | $0^m,0024$ | $19^{kg}$ | $1026^{kg}$ |
| *5.º Piso* | | | | | | | |
| Hierros Zorés longitudinales.... | 4 | $234^m$ | $0^{m2},0032$ | | $0^m,749$ | $5866^{kg}$ | $23464^{kg}$ |
| " " transversales....... | 405 | $5^m$, | $0^{m2},0032$ | | $0^m,016$ | $125^{kg}$ | $50625^{kg}$ |
| Cubrejuntas de unión de los hierros con los largueros....... | 2025 | 0,18 | $0^m,05$ | $0^m,05$ | $0^m,00045$ | $3^{kg},5$ | $7087^{kg}$ |

1. Evaluado como el de la triangulación de las vigas principales.

| Designación de las piezas | N.° de piezas | Largo | Ancho | Grueso | Volumen parcial | Peso parcial | Peso total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *6.° Roblones* | | | | | | | |
| Roblones de 0m0 19........... | 130000 | | | | | 0kg,076 | 9880kg |
| Clavos para el piso.... ...... | | | | | | | 700kg |
| *7.° Pilas* | | | | | | | |
| Pilas 1 y 2.................. | 2 | | | | | 58150kg (1) | 116300k |
| Pila 3...................... | 1 | | | | | 28000kg (2) | 28000k |
| Amarrajes, coronamientos, aparatos de dilatación.......... | | | | | | | 12000k |
| Peso total del acero .......... | | | | | | | 766528k |
| B. PLOMO | | | | | | | |
| Plomo para repartir las presiones en las pilas y estribos.. | | | | | | 6000kg | 6000k |
| C. MADERA | | | | | | | |
| Madera de encina para el piso.. | | | | | 58m3,500 | 40000kg | 40000k |
| D. MAMPOSTERÍA | | | | | | | |
| Base de la 1.ª pila............ | | | | | 780m,000 | | |
| " " " 2.ª "........ .... | | | | | 1200m,000 | | |
| " " " 3.ª "............ | | | | | 400m,000 | | |
| 1.er estribo.................. | | | | | 875m,000 | | |
| 2.° estribo.......... ........ | | | | | 930m,000 | | |
| Volumen total de las mamposterías..... .. | | | | | 4185,000 | | |

DETALLE ESTIMATIVO

| | Letra en el Metraje | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|---|---|---|---|---|
| Acero del tablero y las pilas.. | A | 766528kg | $ 0,18 | $ 13797 |
| Plomo para la repartición de las presiones.................. | B | 6000kg | " 0,15 | " 90 |
| Madera del piso......... .... | C | 58m,500 | " 30,00 | " 175 |
| Mamposterías de estribos y pilas. | D | 4185m,000 | " 9,00 (3) | " 3766 |
| | | | Total.............. | $ 17829 |

1. Este número no resulta de un recuento efectivo, sino de la comparación con otras obras análogas. Pe[ro] un pequeño error en él sería sin consecuencia, á causa del peso insignificante de cada roblón.

2. Esto resulta de la fórmula siguiente que da León Boyer (*Viaduc de Garabit*, p. 334):

$$P=8000+2000h+10\ (h-10).$$

3. Materiales y mano de obra.

MANO DE OBRA DEL MONTAJE

La mano de obra del montaje comprende las operaciones siguientes (los precios son por kg y han sido tomados de la obra citada de Regnauld, pág. 512):

| | | |
|---|---|---|
| 1.° Aplanamiento de los palastros y rectificación de las escuadras | $ | 0,0010 |
| 2.° Replanteo en los palastros, de los agujeros para el roblonado *(traçage)* | " | 0,0050 |
| 3.° Perforación á máquina de los agujeros para los roblones | " | 0,0028 |
| 4.° Roblonado á máquina | " | 0,0010 |
| 5.° Recorte y burilado | " | 0,0010 |
| 6.° Montaje propiamente dicho | " | 0,0022 |
| 7.° Sueldos de capataces | " | 0,0010 |
| 8.° Transporte de los palastros para pesarlos, perforarlos, roblonarlos, etc. | " | 0,0040 |
| 9.° Reparaciones de útiles, gastos de combustibles, etc. | " | 0,0014 |
| Total | $ | 0,0194 |

Lo que da para el peso total de la parte metálica, un costo de 766528 × 0,0194 = $ 14870,00.

El costo del lanzamiento del tablero puede evaluarse en $ 3,00 por tonelada (Véase *Viaduc de Garabit*, pág. 346). Lo que da en nuestro caso un costo de 610,228 × 3 = 1830,68.

Los gastos de instalación pueden calcularse en $ 0,60 por m³. para las mamposterías, y en $ 0,002 por kg para el tablero y las pilas (*Viaduc de Garabit*, pág. 317). De consiguiente, los gastos de instalación se elevan á 4185 × 0,60 + 812528 × 0,0002 = $ 6691.

Finalmente, la pintura de las piezas de acero cuesta á razón de unos $ 2.00 por tonelada de acero, ó sea, en total, $ 1.533,00.

RESUMEN

| | | |
|---|---|---|
| Materiales | $ | 178.295,00 |
| Mano de obra del montaje | " | 14.870,00 |
| Lanzamiento | " | 1.831,00 |
| Gastos de instalación | " | 2.674,00 |
| Pintura | " | 1.533,00 |
| | $ | 199.204,00 |
| 10 °/o para gastos imprevistos | " | 19.920,00 |
| Costo de la obra | $ | 219.124,00 |

## 3.° — CÁLCULOS

Empezaré por fijar el coeficiente de trabajo del acero, del siguiente modo:

Para las piezas que trabajan por compresión, extensión ó flexión........................ 10 kg por mm².
Para las que trabajan por esfuerzo cortante ó desgarramiento longitudinal..................... 7,5 kg " "

La fatiga que estos coeficientes impondrán al material, no será demasiado grande, si se le elige de la mejor calidad. Una de las mejores clases de acero ó hierro fundido, parece ser la de Thomas. En una notable memoria publicada en el *Génie Civil* (7 de Mayo de 1892, pág. 5 y siguientes), en que se describen numerosas experiencias hechas antes de emprender la construcción de los puentes sobre el Vístula y el Nogat, se llega á esta conclusión:

" Los trabajos de Mehrtens, cuyos puntos esenciales acabamos " de presentar, prueban, pues, la superioridad del hierro fundido " Thomas, obtenido con el inversor básico, sobre todo metal aná- " logo fabricado ya sea con el inversor Bessemer ácido, ya en el " horno Martin-Siemens; y, lo que se sabe de su modo de pro- " ducción, da la razón teórica de estos resultados, que es tan sa- " tisfactorio comprobar, no sólo en vista de su empleo para la " construcción de puentes, sino también en todas las múltiples apli- " caciones de que es además susceptible. Por otra parte, el des- " arrollo, mayor cada día, de la fabricación por el procedimiento " Thomas, tanto en Alemania como en otros países, prueba perfec- " tamente todo el valor que los consumidores reconocen á sus pro- " ductos."

La Circular francesa del 91 permite, para puentes de acero de más de $30^{m}$ de abertura, el uso de coeficientes de trabajo que puedan llegar hasta el límite $11^{kg}$ por mm. El coeficiente que yo he elegido es, como se ve, bastante inferior á ese límite.

El coeficiente de $10^{kg}5$ por mm. es el que se ha empleado en muchos grandes puentes construídos en los últimos 20 años. En algunos, el coeficiente es en realidad un poco mayor, porque no se han descontado los agujeros de los roblones (por ejemplo, en los puentes de Morand y Lafayette, de la Braye, viaducto de Gagnières, puente de Arène, de Rochechien, etc.). Ciertos ingenieros van

todavía más lejos y " piensan que se puede sin peligro hacer tra-
" bajar el acero á $12^{kg}$ por mm., á lo menos para las piezas que
" no reciben directamente la sobrecarga, y á 10 en las otras pie-
" zas. Hacen valer en apoyo de esta opinión, que el límite de
" elasticidad del hierro es de $12^{kg}$ por mm. y que, si se ha adop-
" tado, de conformidad con el General Poncelet, el límite de $6^{kg}$,
" que es la mitad de la cifra anterior, ha sido previendo las varia-
" ciones posibles de calidad del metal, que no se puede ensayar
" en todas sus partes antes de emplearlo. De ahí deducen que,
" siendo de $24^{kg}$ por mm. el límite de elasticidad del acero de
" buena calidad, es natural fijar por analogía en $12^{kg}$ por mm. el
" límite de trabajo del acero en los puentes." [1]

La cifra que yo he fijado no puede, pues, ser tachada por demasiado alta. No creo tampoco prudente elevarla, á pesar de la última opinión que he citado, porque es posible que el acero no tenga el grado de homogeneidad que posee el hierro.

Las condiciones de admisibilidad del acero serán ante todo las que indica la Circular francesa.

Los constructores están generalmente de acuerdo en limitar á $50^{kg}$ la resistencia del acero. El alargamiento varía en razón inversa de la resistencia; y puede admitirse (según Leber) que el alargamiento medido sobre barras de ensayo de $200^{mm}$ de longitud y de $500^{mm}$ de sección, debe ser de 24 %, cuando menos, para una resistencia de $42^{kg}$, y de 20 %, para una resistencia de $50^{kg}$.

---

## Vigas principales

Para calcular los momentos de flexión y los esfuerzos cortantes en las vigas principales, he seguido el método que expone Résal en el 2.º tomo de su obra de puentes metálicos.

Los datos son éstos [2]:

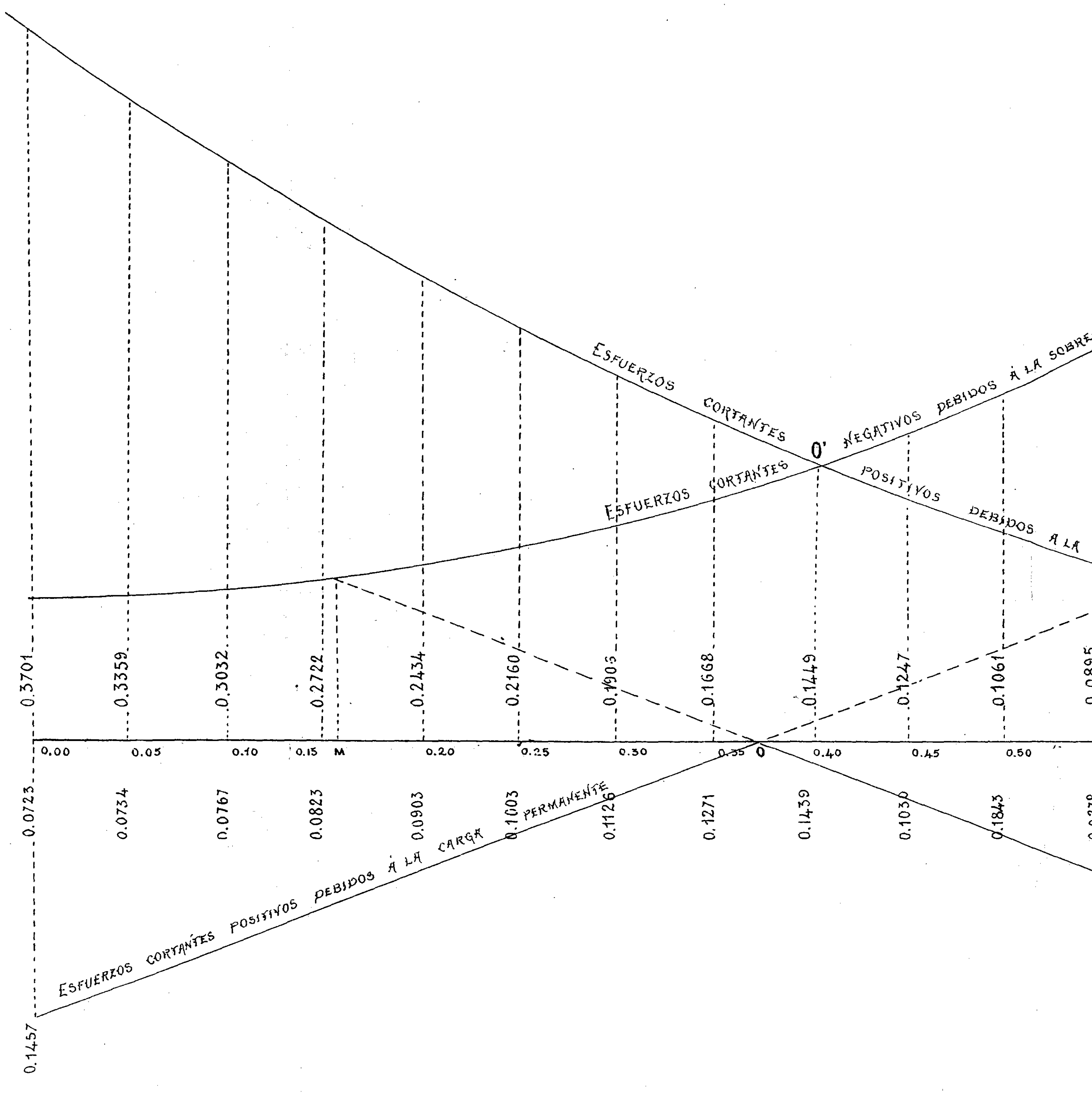
$$p = 2200, \quad p' = 4500, \quad \delta = 1{,}25$$
$$l = 52{,}00 \quad L = 65{,}00, \quad p\,L^2 = 9.295{,}000$$
$$p'\,L^2 = 19.012{,}500.$$

En las ecuaciones de los momentos flectentes, la unidad de abscisa es la longitud del tramo de que se trata, y la de momento,

1. Humbert, *Chemins de fer*, tomo I, pág. 185.
2. Las unidades, *mientras no advierta otra cosa*, son el metro y el kilogramo.

# PROYECTO DE UN VIADU

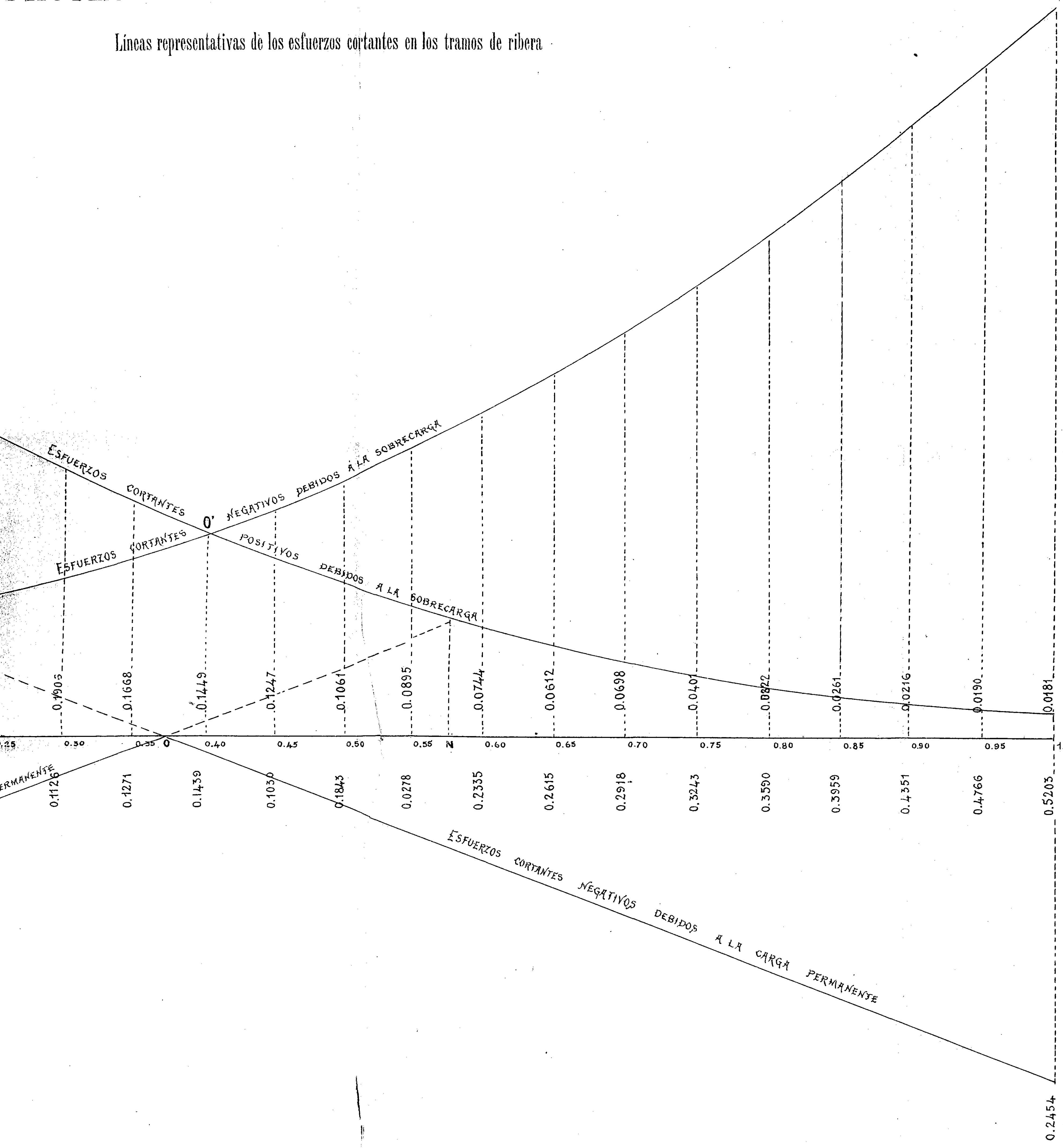
Líneas representativas de los esfuerzos cortantes




NOTA — La unidad de longitud es l y la de esfuerzo cortante pL.

# PROYECTO DE UN VIADUCTO METÁLICO

Líneas representativas de los esfuerzos cortantes en los tramos de ribera



p $L^2$ ó p' $L^2$, según se consideren las curvas de los momentos que produce la carga permanente ó las que produce la sobrecarga.

MOMENTOS FLECTENTES

Pongo en seguida las ecuaciones que voy á emplear y los valores de los coeficientes que entran en ellos [1]:

*Tramos de ribera:*

Carga permanente $\left\{ X = b_1 x - \frac{x^2}{2 \delta^2} \qquad 0 \angle x \angle 1 \right.$

Sobrecarga variable........... $\left\{ \begin{array}{ll} X'' = b_3 x - \frac{x^2}{2 \delta^2} & 0 \angle x \angle x'' \\ X' = b_4 x + c_4 \frac{\left(1 - \frac{1-x}{1-x''}\right)^2}{1 - \frac{1}{3} \frac{1-x}{1-x''}} & x'' \angle x \angle 1 \end{array} \right.$

*Tramos intermedios:*

Carga permanente $\left\{ X = a_1 + b_1 x - \frac{x^2}{2} \qquad 0 \angle x \angle 1 \right.$

Sobrecarga variable........... $\left\{ \begin{array}{ll} X' = a_2 + b_2 x + c_2 \frac{\left(1 - \frac{x}{x'}\right)^2}{\left(1 - \frac{2}{3} \frac{x}{x'}\right)^3} & 0 \angle x \angle x' \\ X'' = a_3 + b_3 x - \frac{x^2}{2} & x' \angle x \angle x'' \\ X' = a_4 + b_4 x + c_4 \frac{\left(1 - \frac{1-x}{1-x''}\right)^4}{\left(1 - \frac{2}{3} \frac{1-x}{1-x''}\right)^3} & x'' \angle x \angle 1 \end{array} \right.$

---

$$\frac{1}{2 \delta^2} = 0{,}32$$

Valores de los coeficientes:

*Tramos de ribera:*

| | |
|---|---|
| $b_1 = + 0{,}2384$ | $x'' = 0{,}8064$ |
| $b_3 = + 0{,}2961$ | $1 - x'' = 0{,}1936$ |
| $b_4 = - 0{,}0578$ | $x_2 = 0{,}7450$ |
| $c_4 = - 0{,}0384$ | — |

1. **Résal, obra citada, tomo II, pág. 169.**

*Tramos intermedios:*

| | |
|---|---|
| $a_1 = -0,0816$ | $c_2 = -0,0549$ |
| $a_2 = -0,0413$ | $c_4 = -0,0524$ |
| $a_3 = -0,0578$ | $x' = 0,2174$ |
| $a_4 = +0,0146$ | $x'' = 0,7882$ |
| $b_1 = +0,4974$ | $1 - x'' = 0,2118$ |
| $b_2 = +0,0619$ | $x_1 = 0,2073$ |
| $b_3 = +0.5157$ | $x_2 = 0,7876$ |
| $b_4 = -0,0670$ | — |

---

En los tramos de ribera la ecuación de la parábola de los momentos flectentes debidos á la carga permanente es, pues, en nuestro caso:

$$X = 0,2384\ x - 0,32\ x^2,$$

y los valores sucesivos de X para diferentes abscisas, son:

| | |
|---|---|
| pª $x = 0,000$ | $X = 0,0000$ |
| " $x = 0,05$ | $X = 0,0111$ |
| " $x = 0,10$ | $X = 0,0206$ |
| " $x = 0,15$ | $X = 0,0276$ |
| " $x = 0,20$ | $X = 0,0349$ |
| " $x = 0,25$ | $X = 0,0396$ |
| " $x = 0,30$ | $X = 0,0427$ |
| " $x = 0,35$ | $X = 0,0442$ |
| " $x = 0,40$ | $X = 0,0442$ |
| " $x = 0,45$ | $X = 0,0425$ |
| " $x = 0,50$ | $X = 0,0392$ |
| " $x = 0,55$ | $X = 0,0343$ |
| " $x = 0,60$ | $X = 0,0278$ |
| " $x = 0,65$ | $X = 0,0198$ |
| " $x = 0,70$ | $X = 0,0101$ |
| " $x = 0,75$ | $X = 0,0012$ |
| " $x = 0,80$ | $X = 0,0141$ |
| " $x = 0,85$ | $X = 0,0286$ |
| " $x = 0,90$ | $X = 0.0446$ |
| " $x = 0,95$ | $X = 0,0623$ |
| " $x = 1.00$ | $X = 0,0816$ |

---

En los mismos tramos, la ecuación de la curva de los momentos flectentes debidos á la sobrecarga (desde 0 hasta x'') es:

$$X'' = 0{,}2961\ x - 0{,}32\ x^2\ ,$$

y los valores sucesivos de X'' para diferentes abscisas, son:

| | | |
|---|---|---|
| pª | x = 0,00 | X'' = 0,0000 |
| " | x = 0,05 | X'' = 0,0140 |
| " | x = 0,10 | X'' = 0,0264 |
| " | x = 0,15 | X'' = 0,0372 |
| " | x = 0,20 | X'' = 0,0464 |
| " | x = 0,25 | X'' = 0,0540 |
| " | x = 0,30 | X'' = 0,0600 |
| " | x = 0,35 | X'' = 0,0644 |
| " | x = 0,40 | X'' = 0,0672 |
| " | x = 0,45 | X'' = 0,0684 |
| " | x = 0,50 | X'' = 0,0680 |
| " | x = 0,55 | X'' = 0,0660 |
| " | x = 0,60 | X'' = 0,0624 |
| " | x = 0,65 | X'' = 0,0572 |
| " | x = 0,70 | X'' = 0,0504 |
| " | x = 0,75 | X'' = 0,0421 |

Para los mismos tramos, la ecuación de los momentos flectentes máximos debidos á la sobrecarga (desde x'' hasta 1) es:

$$- X' = 0{,}0578\ x + 0{,}0384\ \frac{\left(1 - \frac{1-x}{1-x''}\right)^2}{1 - \frac{1}{3}\,\frac{1-x}{1-x''}}$$

y los valores sucesivos de X' haciendo variar la abscisa, son los siguientes:

| | | |
|---|---|---|
| pª | $x = x''$ | X' = 0,0466 |
| " | $x = x'' + \frac{1}{5}(1 - x'')$ | X' = 0,0509 |
| " | $x = x'' + \frac{2}{5}(1 - x'')$ | X' = 0,0588 |
| " | $x = x'' + \frac{3}{5}(1 - x'')$ | X' = 0,0693 |
| " | $x = x'' + \frac{4}{5}(1 - x'')$ | X' = 0,0819 |
| " | $x = 1$ | X' = 0,0962 |

Para los tramos intermedios, la ecuación de la parábola de los momentos flectentes debidos á la carga permanente es:

$$X = -0,0816 + 0,4974\,x - \frac{x^2}{2},$$

y los valores sucesivos de X son:

| | | |
|---|---|---|
| pª | x = 0,00 | X = 0,0816 |
| " | x = 0,05 | X = 0,0580 |
| " | x = 0,10 | X = 0,0369 |
| " | x = 0,15 | X = 0,0182 |
| " | x = 0,20 | X = 0,0021 |
| " | x = 0,25 | X = 0,0115 |
| " | x = 0,30 | X = 0,0224 |
| " | x = 0,35 | X = 0,0312 |
| " | x = 0,40 | X = 0,0374 |
| " | x = 0,45 | X = 0,0410 |
| " | x = 0,50 | X = 0,0421 |
| " | x = 0,55 | X = 0,0407 |
| " | x = 0,60 | X = 0,0368 |
| " | x = 0,65 | X = 0,0305 |
| " | x = 0,70 | X = 0,0216 |
| " | x = 0,75 | X = 0,0102 |
| " | x = 0,80 | X = 0.0037 |
| " | x = 0,85 | X = 0,0201 |
| " | x = 0,90 | X = 0,0389 |
| " | x = 0,95 | X = 0,0603 |
| " | x = 1.00 | X = 0,0842 |

Para los mismos tramos, la curva representativa de los momentos máximos de sobrecarga es (desde x = 0 hasta x = x'):

$$X' = -0,0413 + 0,0619\,x - 0,0549\,\frac{\left(1 - \frac{x}{x'}\right)^4}{\left(1 - \frac{2}{3}\,\frac{x}{x'}\right)^3},$$

y los valores sucesivos de X' son:

| | | |
|---|---|---|
| pª | x = 0,00 | X' = 0,0962 |
| " | $x = \frac{1}{5}\,x'$ | X' = 0,0737 |
| " | $x = \frac{2}{5}\,x'$ | X' = 0,0538 |
| " | $x = \frac{3}{5}\,x'$ | X' = 0,0397 |
| " | $x = \frac{4}{5}\,x'$ | X' = 0,0314 |
| " | x = x' | X' = 0.0307 |

Para los mismos tramos, la ecuación de la curva representativa en los momentos máximos debidos á la sobrecarga, es (desde $x = x'$ hasta $x = x''$):

$$X'' = -0{,}0578 + 0{,}5157\,x - \frac{x^2}{2},$$

y los valores sucesivos de X'' son:

| | | |
|---|---|---|
| pª | $x = x'$ | $X'' = 0{,}0307$ |
| « | $x = 0{,}25$ | $X'' = 0{,}0397$ |
| « | $x = 0{,}30$ | $X'' = 0{,}0519$ |
| « | $x = 0{,}35$ | $X'' = 0{,}0614$ |
| « | $x = 0{,}40$ | $X'' = 0{,}0685$ |
| « | $x = 0{,}45$ | $X'' = 0{,}0730$ |
| « | $x = 0{,}50$ | $X'' = 0{,}0751$ |
| « | $x = 0{,}55$ | $X'' = 0{,}0746$ |
| « | $x = 0{,}60$ | $X'' = 0{,}0716$ |
| « | $x = 0{,}65$ | $X'' = 0{,}0661$ |
| « | $x = 0{,}70$ | $X'' = 0{,}0582$ |
| « | $x = 0{,}75$ | $X'' = 0{,}0477$ |
| « | $x = 0{,}80$ | $X'' = 0{,}0348$ |

---

Para los mismos tramos, la ecuación de la curva de los momentos flectentes debidos á la sobrecarga es (desde $x = x''$ hasta $x = 1{,}00$):

$$X' = 0{,}0146 - 0{,}067\,x - 0{,}0524\,\frac{\left(1 - \frac{1-x}{1-x''}\right)^4}{\left(1 - \frac{2}{3}\,\frac{1-x}{1-x''}\right)^3},$$

y los valores sucesivos de X' son:

| | | |
|---|---|---|
| pª | $x = x''$ | $X' = 0{,}0382$ |
| « | $x = x'' + \frac{1}{5}(1 - x'')$ | $X' = 0{,}0419$ |
| « | $x = x'' + \frac{2}{5}(1 - x'')$ | $X' = 0{,}0501$ |
| « | $x = x'' + \frac{3}{5}(1 - x'')$ | $X' = 0{,}0639$ |
| « | $x = x'' + \frac{4}{5}(1 - x'')$ | $X' = 0{,}0825$ |
| « | $x = 1{,}00$ | $X' = 0{,}1048$ |

---

## ESFUERZOS CORTANTES

Las unidades de longitud son las mismas que en los momentos flectentes, á saber: l, en los tramos de ribera y L, en los inter-

medios. Las unidades de esfuerzo cortante son: p L — 2200 × 65 para la carga permanente, y p' L = 4500 × 65 para la sobrecarga. Las ecuaciones de las curvas de esfuerzos cortantes son las siguientes (Résal, obra citada, tomo II, pág. 185):

*Tramos de ribera:*

$$V = b_1 \delta - \frac{x}{\delta},$$

$$V'' = (b_3 - c_4)\delta - \frac{1}{2\delta} + \left(c_4 \delta + \frac{1}{2\delta}\right)(1 - x)^2,$$

$$V' = b_4 \delta + \left(c_4 \delta - \frac{1}{2\delta}\right) x^2:$$

*Tramos intermedios:*

$$V = b_1 - x$$

$$V'' = b_2 + (c_4 - c_2 + \tfrac{1}{2})(1 - x)^2$$

$$V' = b_4 + (c_4 - c_2 - \tfrac{1}{2}) x^2$$

Los valores de los coeficientes son los mismos indicados al tratar de los momentos flectentes.

Empecemos por los tramos de ribera. En estos tramos, la ecuación representativa de los esfuerzos cortantes que produce la carga permanente, es:

$$V = 0{,}2384 \times 1{,}25 - \frac{1}{1.25} x.$$

Como se trata de una recta, basta con determinar dos ó tres puntos:

| | |
|---|---|
| Para x = 0,00 | V = 0,2980 |
| " x = 0,3725 | V = 0,0000 |
| " x = 1,00 | V = 0,5020; |

pero hay conveniencia en reducir á la misma unidad la recta representativa del esfuerzo de carga permanente y la que representa el debido á la sobrecarga: esto se consigue fácilmente multiplicando por $\frac{p}{p'} = \frac{22}{45}$ las ordenadas V. Así resulta:

| | |
|---|---|
| p^a^ x = 0,00 | V = 0,1457 |
| " x = 0,3725 | V = 0,0000 |
| " x = 1,00 | V = 0,2454 |

En los mismos tramos, la ecuación representativa de los esfuerzos cortantes positivos debidos á la sobrecarga, es:

$$V'' = (0,2961 + 0,0384) \times 1,25 - \frac{1}{2\,\delta} + \left(\frac{1}{2\,\delta} - 0,0384\,\delta\right)(1-x)^2,$$

ó sea,

$$V'' = 0,01812 + 0,352\ (1 - x)^2.$$

Los valores de V'' son los siguientes:

| | |
|---|---|
| pª $x = 0,00$ | $V'' = 0,3701$ |
| " $x = 0,05$ | $V'' = 0,3359$ |
| " $x = 0,10$ | $V'' = 0,3032$ |
| " $x = 0,15$ | $V'' = 0,2722$ |
| " $x = 0,20$ | $V'' = 0,2434$ |
| " $x = 0,25$ | $V'' = 0,2160$ |
| " $x = 0,30$ | $V'' = 0,1906$ |
| " $x = 0,35$ | $V'' = 0,1668$ |
| " $x = 0,40$ | $V'' = 0,1449$ |
| " $x = 0,45$ | $V'' = 0,1247$ |
| " $x = 0,50$ | $V'' = 0,1061$ |
| " $x = 0,55$ | $V'' = 0,0895$ |
| " $x = 0,60$ | $V'' = 0,0744$ |
| " $x = 0,65$ | $V'' = 0,0612$ |
| " $x = 0,70$ | $V'' = 0,0498$ |
| " $x = 0,75$ | $V'' = 0,0401$ |
| " $x = 0,80$ | $V'' = 0,0322$ |
| " $x = 0,85$ | $V'' = 0,0261$ |
| " $x = 0,90$ | $V'' = 0,0216$ |
| " $x = 0,95$ | $V'' = 0,0190$ |
| " $x = 1,00$ | $V'' = 0,0181$ |

---

Ecuación de la curva representativa de los esfuerzos cortantes debidos á la sobrecarga y negativos (en el tramo de ribera):

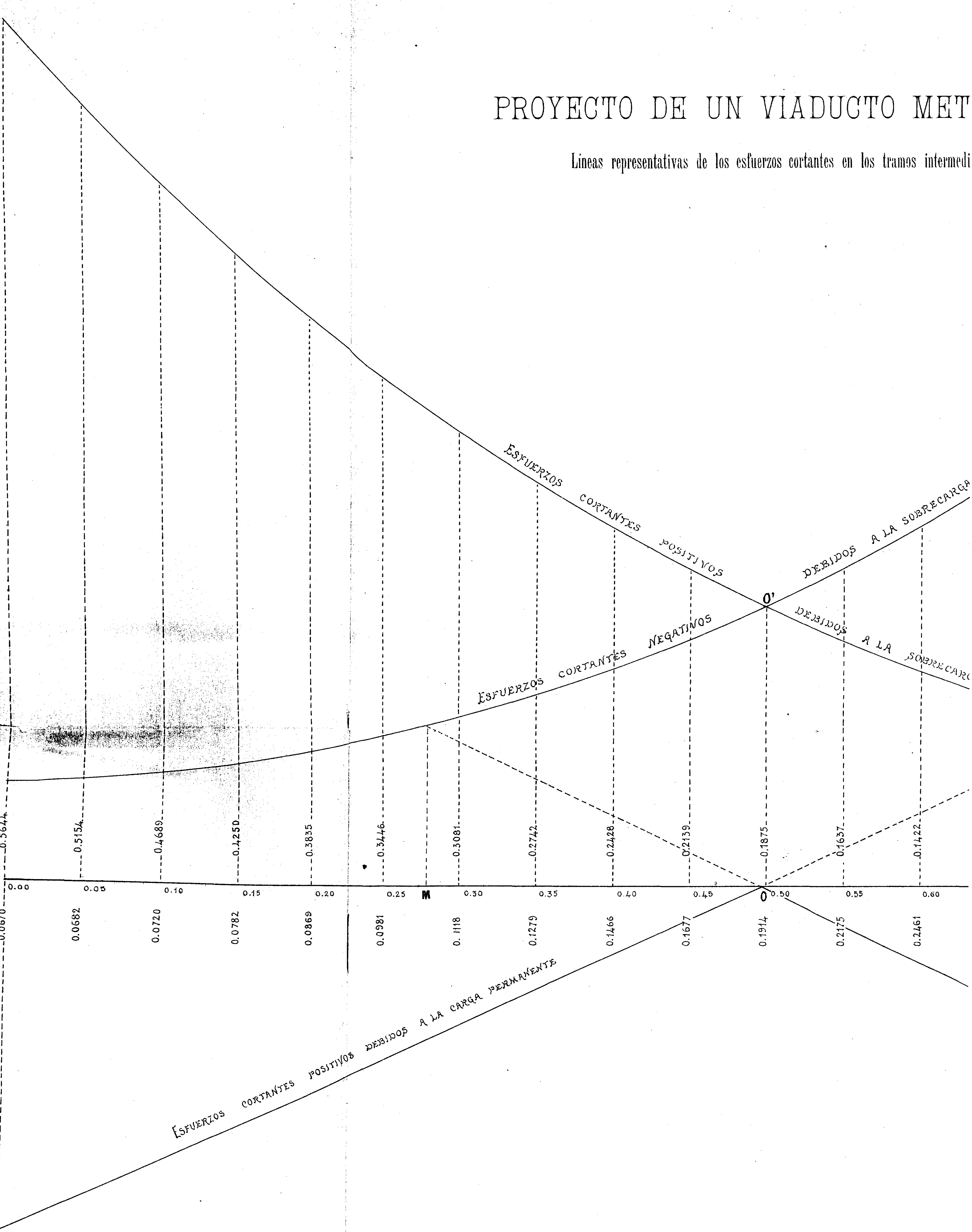
$$V' = -0,0578 \times \delta - \left(0,0384\,\delta + \frac{1}{2\,\delta}\right) x^2,$$

ó sea,

$$V' = 0,07225 - 0,4480\ x^2.$$

# PROYECTO DE UN VIADUCTO MET

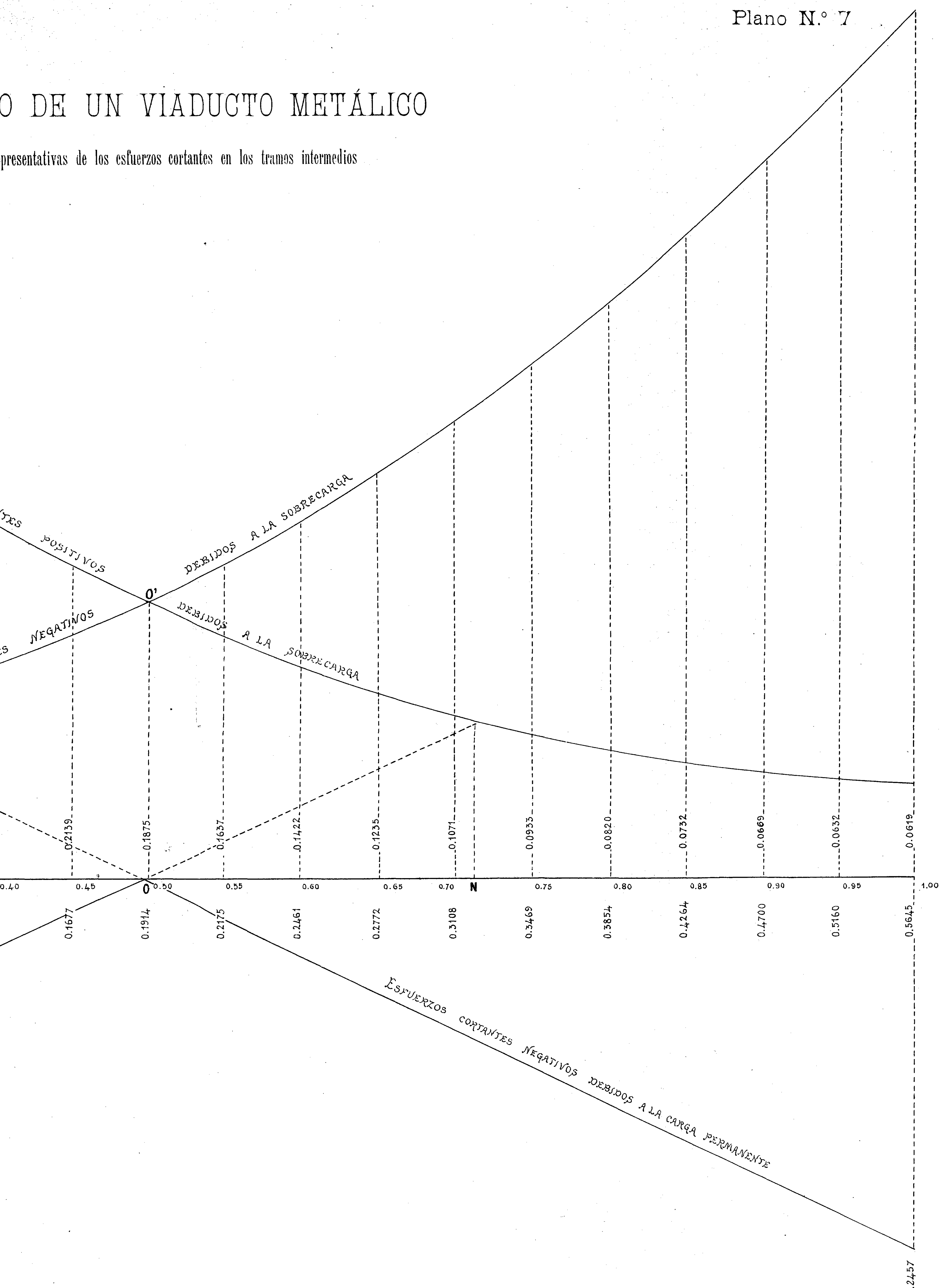
Lineas representativas de los esfuerzos cortantes en los tramos intermedi




NOTA — La unidad de longitud es L y la de esfuerzo cortante pL.

# O DE UN VIADUCTO METÁLICO

presentativas de los esfuerzos cortantes en los tramos intermedios



Los valores sucesivos de V' son:

| | | |
|---|---|---|
| pª | x = 0,00 | V' = 0,0723 |
| " | x = 0.05 | V' = 0,0734 |
| " | x = 0,10 | V' = 0 0767 |
| " | x = 0,15 | V' = 0,0823 |
| " | x = 0,20 | V' = 0,0902 |
| " | x = 0,25 | V' = 0,1003 |
| " | x = 0,30 | V' = 0,1126 |
| " | x = 0,35 | V' = 0,1271 |
| " | x = 0,40 | V' = 0,1439 |
| " | x = 0.45 | V' = 0,1630 |
| " | x = 0,50 | V' = 0,1843 |
| " | x = 0.55 | V' = 0,2078 |
| " | x = 0,60 | V' = 0,2335 |
| " | x = 0,65 | V' = 0,2615 |
| " | x = 0,70 | V' = 0,2918 |
| " | x = 0,75 | V' = 0,3243 |
| " | x = 0,80 | V' = 0,3590 |
| " | x = 0,85 | V' = 0,3959 |
| " | x = 0,90 | V' = 0,4351 |
| " | x = 0,95 | V' = 0,4766 |
| " | x = 1,00 | V' = 0,5203 |

---

En los tramos intermedios, la ecuación de la recta representativa de los esfuerzos cortantes debidos á la carga permanente, es:

$$V = 0,4974 - x\ ,$$

y basta para determinar la recta con dos ó tres de sus puntos; por ejemplo:

| | | |
|---|---|---|
| pª | x = 0,00 | V = 0,4974 |
| " | x = 0,4974 | V = 0,0000 |
| " | x = 1,00 | V = 0,5026, |

pero es útil reducir á la misma unidad la recta de la carga permanente y las curvas de la carga variable, y para conseguirlo basta multiplicar las ordenadas de la primera por $\frac{p}{p'} = \frac{22}{45}$; haciendo esta transformación resulta:

| | | |
|---|---|---|
| pª | x = 0,00 | V = 0,2432 |
| " | x = 0,4974 | V = 0,0000 |
| " | x = 1,00 | V = 0,2457 |

---

En los mismos tramos, la curva representativa de los esfuerzos cortantes positivos debidos á la sobrecarga, tiene por ecuación:

$$V'' = 0{,}0619 + ( \tfrac{1}{2} - 0{,}0524 + 0{,}0549 )\ ( 1 - x )^2 ,$$

ó sea,

$$V'' = 0{,}0619 + 0{,}5025\ ( 1 - x )^2 ,$$

siendo los valores sucesivos de V'', los que van á continuación

| | |
|---|---|
| pª x = 0,00 | V'' = 0,5644 |
| " x = 0,05 | V'' = 0,5154 |
| " x = 0,10 | V'' = 0,4689 |
| " x = 0,15 | V'' = 0,4250 |
| " x = 0,20 | V'' = 0,3835 |
| " x = 0,25 | V'' = 0,3446 |
| " x = 0,30 | V'' = 0,3081 |
| " x = 0,35 | V'' = 0,2742 |
| " x = 0,40 | V'' = 0,2428 |
| " x = 0,45 | V'' = 0,2139 |
| " x = 0,50 | V'' = 0,1875 |
| " x = 0,55 | V'' = 0,1637 |
| " x = 0,60 | V'' = 0,1422 |
| " x = 0,65 | V'' = 0,1235 |
| " x = 0,70 | V'' = 0,1071 |
| " x = 0,75 | V'' = 0,0933 |
| " x = 0,80 | V'' = 0,0820 |
| " x = 0,85 | V'' = 0,0732 |
| " x = 0,90 | V'' = 0,0669 |
| " x = 0,95 | V'' = 0,0632 |
| " x = 1,00 | V'' = 0,0619 |

---

Finalmente, la ecuación de la curva representativa de los esfuerzos cortantes negativos debidos á la sobrecarga en los tramos intermedios, es:

$$V' = -\ 0{,}0670 + ( -\ 0{,}0524 + 0{,}0549 - \tfrac{1}{2} )\ x^2 ,$$

ó sea,

$$V' = -\ 0{,}067 - 0{,}4975\ x^2 ,$$

y los valores sucesivos de V' son:

| | |
|---|---|
| pª x = 0,00 | V' = 0,0670 |
| " x = 0,05 | V' = 0,0682 |

| | |
|---|---|
| pª x = 0,10 | V' = 0,0720 |
| " x = 0,15 | V' = 0,0782 |
| " x = 0,20 | V' = 0,0869 |
| " x = 0,25 | V' = 0,0981 |
| " x = 0,30 | V' = 0,1118 |
| " x = 0,35 | V' = 0,1279 |
| " x = 0,40 | V' = 0,1466 |
| " x = 0,45 | V' = 0,1677 |
| " x = 0,50 | V' = 0,1914 |
| " x = 0,55 | V' = 0,2175 |
| " x = 0,60 | V' = 0,2461 |
| " x = 0,65 | V' = 0,2772 |
| " x = 0,70 | V' = 0,3108 |
| " x = 0,75 | V' = 0,3469 |
| " x = 0,80 | V' = 0,3854 |
| " x = 0,85 | V' = 0,4264 |
| " x = 0,90 | V' = 0,4700 |
| " x = 0,95 | V' = 0,5160 |
| " x = 1,00 | V' = 0,5645 |

---

REPARTICIÓN DE LOS PALASTROS

Para obtener el espesor *e* de la tabla de las vigas principales en una sección determinada, basta despejar *e* en la ecuación, bien conocida: $R = \frac{M\,h}{2\,I}$ después de haber sustituído en vez de I su valor en función de *e*.

Sea *c* el ancho de los palastros que se va á emplear, después de haber descontado el ancho inútil que ocupan los roblones; sea I el momento de inercia de la sección considerada, momento que es igual á $\frac{e\,c\,h^2}{2}$; la igualdad que precede nos dará:

$$e = \frac{M}{R\,c\,h}$$

Pero es más cómodo servirse de las curvas gráficas de los momentos flectentes para obtener inmediatamente la repartición de los palastros.

Résal indica este método:

Designando por Y é Y' las ordenadas de las curvas de momentos de carga permanente y de momentos de carga móvil, se tiene: $M = p\,L^2\,Y + p'\,L^2\,Y'$, pues debe recordarse que la unidad de la

ordenada no es la misma en las dos curvas. Si ahora hacemos: $K = \frac{R c h}{p L^2}$ y $K' = \frac{R c h}{p' L^2}$, el espesor de la platabanda será

$$e = \frac{M}{R c h} = \frac{Y}{K} + \frac{Y'}{K'},$$

y bastará trazar rectas horizontales partiendo del eje de las x, con una equidistancia de $\frac{1}{K'} \times a$, para la parte superior (efectos de sobrecarga) y $\frac{1}{K} \times a$, para la parte inferior (efectos de carga permanente), siendo a el espesor de cada palastro; para saber cuántos espesores a se necesita acumular en cada sección: el número de estos espesores será igual al de las zonas horizontales que caen dentro de las curvas en la sección de que se trate.

Yo he supuesto: $a = 0{,}10$
$h = 5{,}50$
$c = 0{,}38$

El valor *c* resulta de restar del ancho total de las tablas ($0{,}^{m}50$) seis diámetros de roblones, pues éstos ocupan seis filas y tienen un diámetro de 19 mm con un juego dentro de los agujeros, de 1 mm.

Es además necesario tener en cuenta el momento de inercia de las escuadras y de la parte de alma que encierran.

La superficie de la sección recta de estas piezas es, descontando los agujeros de los roblones, igual á $4 \times 0,080 \times 0{,}012 + 0{,}080 \times 0{,}015 = 0{,}005$, un poco mayor, según se ve, que la sección de un palastro; en cambio, el radio de giro que le corresponde es algo menor; poco error se cometerá, de consiguiente, si se admite que las dos escuadras valen por un palastro. Luego, hay que rebajar la unidad del número de zonas que corresponden en los planos 8 y 9 á una determinada sección, para obtener el número correspondiente de palastros.

La longitud que ha de ocupar cada uno en la viga, está indicada sobre los mismos planos.

---

### TRIANGULACIÓN

La triangulación que une las tablas de las vigas principales, es una triangulación simple. Los montantes verticales trabajan á la compresión y las piezas inclinadas, á la extensión.

La fórmula que emplearé es la siguiente:

$$F = \frac{V}{\cos \theta},$$

en la que F es el esfuerzo á que está sometida la pieza en la dirección de su eje, V es el esfuerzo cortante que corresponde á la mitad de la pieza y $\theta$ designa el ángulo que forma una vertical trazada de abajo arriba, con el eje de la barra, considerado en el sentido en que lo recorrería un móvil que marchara de izquierda á derecha pasando por todas las piezas de la triangulación.

Empezaré por los tramos de ribera.

El esfuerzo normal F para los montantes, se obtiene inmediatamente dividiendo en doce partes iguales el eje horizontal del dibujo de los esfuerzos cortantes y buscando los que corresponden á cada punto de división.

La fórmula $F = - \frac{V}{\cos \theta}$, en que $\theta = o$, da entonces $F = - V$.

Los montantes trabajan, pues, por compresión.

Para obtener la sección que debe darse á cada montante, bastará recordar la fórmula $R\,\omega = F$, de la que se deduce:

$$\omega = \frac{F}{R}$$

Los trece valores sucesivos de V y F, son:

| Número de orden. | Esfuerzo cortante. | Sección en mm.$^2$ |
|---|---|---|
| 1.º | 37000 | 3700 |
| 2.º | 31000 | 3100 |
| 3.º | 24500 | 2450 |
| 4.º | 19000 | 1900 |
| 5.º | 13500 | 1350 |
| 6.º | 12000 | 1200 |
| 7.º | 17000 | 1700 |
| 8.º | 22000 | 2200 |
| 9.º | 28000 | 2800 |
| 10.º | 34000 | 3400 |
| 11.º | 41000 | 4100 |
| 12.º | 48000 | 4800 |
| 13.º | 55000 | 5500 |

En cuanto á las piezas inclinadas, empezaré por los tirantes de la izquierda dirigidos de arriba abajo y de izquierda á derecha. Estos tirantes se extienden á toda la región en que hay esfuerzos

positivos, es decir, desde el estribo hasta el punto N. Hay siete de estos tirantes en el tramo de ribera.

En la fórmula

$$\omega = \frac{F}{R} = -\frac{V}{R\cos\theta}$$

hay que hacer tang. $\theta = \frac{4,33}{5,5}$ y por consiguiente

$$\frac{1}{\cos\theta} = -\sqrt{1 + \left(\frac{4,33}{5,5}\right)^2} = -1,177.$$

Luego

$$\frac{1}{R\cos\theta} = -0,1177,$$

y multiplicando por esta cantidad los valores medios de los esfuerzos cortantes, se tendrá, como en el caso anterior, la sección $\omega$ en milímetros.

Estos resultados están indicados en el siguiente cuadro:

| Número de orden. | Esfuerzo cortante. | Sección en mm.² |
|---|---|---|
| 1.º | 34000 | 4002 |
| 2.º | 27750 | 3266 |
| 3.º | 21750 | 2560 |
| 4.º | 16250 | 1912 |
| 5.º | 11000 | 1295 |
| 6.º | 6000 | 706 |
| 7.º | 1800 | 212 |

En fin, consideremos los tirantes inclinados en sentido contrario, que son diez. El cuadro siguiente se refiere á ellos.

| Número de orden. | Esfuerzo cortante. | Sección en mm.² |
|---|---|---|
| 1.º | 2000 | 235 |
| 2.º | 5400 | 636 |
| 3.º | 10200 | 1200 |
| 4.º | 14000 | 1648 |
| 5.º | 19000 | 2236 |
| 6.º | 25000 | 2942 |
| 7.º | 31000 | 3649 |
| 8.º | 37000 | 4355 |
| 9.º | 44000 | 5179 |
| 10.º | 51000 | 6003 |

En los tramos intermedios, el número de secciones en que se ha dividido la triangulación es de quince, pero el ángulo θ permanece el mismo.

Para calcular las secciones de los diez y seis montantes [1], tenemos los diez y seis valores correspondientes del esfuerzo cortante directamente tomados del plano 7.º; valores que divididos por R = 10 darán la sección buscada, en milímetros. Los resultados van en el cuadro siguiente:

| Número de orden. | Esfuerzo cortante. | Sección en mm.² |
|---|---|---|
| 1.º | 57000 | 5700 |
| 2.º | 50200 | 5020 |
| 3.º | 44000 | 4400 |
| 4.º | 37400 | 3740 |
| 5.º | 31300 | 3130 |
| 6.º | 26000 | 2600 |
| 7.º | 20800 | 2080 |
| 8.º | 15400 | 1540 |
| 9.º | 16000 | 1600 |
| 10.º | 21000 | 2100 |
| 11.º | 26300 | 2630 |
| 12.º | 32000 | 3200 |
| 13.º | 37800 | 3780 |
| 14.º | 44000 | 4400 |
| 15.º | 50900 | 5090 |
| 16.º | 58000 | 5800 |

---

Finalmente, van á continuación los dos cuadros relativos á los tirantes; el primero se refiere á los de la serie que empieza en la pila de la izquierda: estos tirantes son en número de 11; el segundo se refiere á los tirantes de la otra serie, que también son once.

1. Tomo en cuenta de montantes las mitades de los recuadros llenos, (*panneaux pleins*) que van sobre cada pila.

I

| Número de orden. | Esfuerzo cortante. | Sección en mm.$^2$ |
|---|---|---|
| 1.º | 53600 | 6309 |
| 2.º | 47100 | 5543 |
| 3.º | 40700 | 4790 |
| 4.º | 34300 | 4037 |
| 5.º | 28700 | 3378 |
| 6.º | 23400 | 2754 |
| 7.º | 18100 | 2130 |
| 8.º | 13400 | 1577 |
| 9.º | 8500 | 1000 |
| 10.º | 4500 | 529 |
| 11.º | 600 | 71 |

II

| Número de orden. | Esfuerzo cortante. | Sección en mm.$^2$ |
|---|---|---|
| 1.º | 1000 | 118 |
| 2.º | 5000 | 588 |
| 3.º | 9000 | 1059 |
| 4.º | 13600 | 1600 |
| 5.º | 18500 | 2177 |
| 6.º | 23700 | 2789 |
| 7.º | 29200 | 3437 |
| 8.º | 34900 | 4107 |
| 9.º | 40900 | 4813 |
| 10.º | 47500 | 5590 |
| 11.º | 54500 | 6415 |

Es claro que las secciones así calculadas son mínimos debajo de los cuales no se puede descender nunca; en la práctica se tomarían secciones bastante superiores, para facilidad de las ensambladuras, para precaverse contra el alabeo, etc.

## Viguetas longitudinales

En la *Revue Générale des Chemins de Fer* (Marzo de 1892) se publicaron, como he dicho antes, unas tablas que permiten reducir á efectos de carga uniforme los producidos por el tren tipo al pasar sobre un puente de una abertura no inferior á $5^m$.

La abertura que dejan dos *piezas de puente* es, según he dicho ya y puede verse en el plano de detalles, igual á $4^m,33$; las tablas á que acabo de referirme pueden, pues [1], aplicarse al cálculo de los largueros, con tal que se busque por interpolación la carga uniforme equivalente á la del tren tipo, que solamente viene en las citadas tablas para aberturas de 5 ó más metros. Esta carga así calculada es de $7550^{kg}$ por metro corriente para una fila de rieles, habiendo todavía que agregar unos $150^{kg}$ por peso propio de la vigueta y del piso, rieles, etc. La carga total es así de $7700^{kg}$ por metro corriente. El coeficiente R lo tomaré de sólo $8^{kg}$ por $mm.^2$: aunque la Circular francesa no obliga á hacer esta reducción en el coeficiente de trabajo, es prudente hacerla, porque los largueros, como las *piezas de puente* están expuestos á vibraciones peligrosas.

En virtud de la fórmula conocida

$$M_{máx.} = \tfrac{1}{8}\,pl^2,$$

y eligiendo por unidad el metro, resulta:

$$M_{máx.} = \tfrac{1}{8} \times 7700 \times \overline{4,33}^2 = 18047\,;$$

apelando ahora á la fórmula:

$$R = \frac{M\,h}{I}$$

y haciendo en ella: $h = 0,55$, resulta

$$8000000 = \frac{18040 \times 0.55}{2\,I} = \frac{4968}{I},$$

de donde

$$I = \frac{4968}{8000000} = 0,000621.$$

1. Sin gran error.

Pero el momento de inercia tiene por expresión aproximada en este caso [1]:

$$(8 \times 0{,}09 \times x + 2 \times 0{,}007 \times 0{,}9) \times \overline{0{,}275}^2,$$

ó sea,

$$0{,}054\, x + 0{,}0000945.$$

Luego, tenemos

$$0{,}054\, x = 0{,}000621 - 0{,}0000945,$$

de donde

$$x = \frac{0{,}0005265}{0{,}054} = 0{,}009.$$

El espesor de las alas será, pues, de nueve milímetros. Como resulta una forma usual de viga, no hay para qué preocuparse del esfuerzo cortante.

---

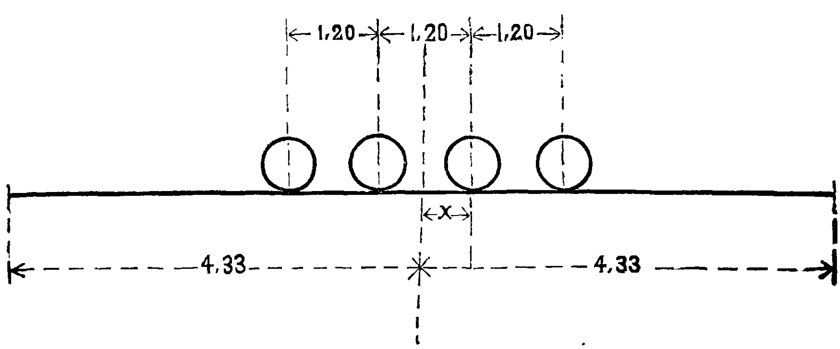
## Piezas de puente

Las piezas de puente distan unas de otras $4^m33$ y tienen de longitud 5 metros.

La máquina del tren tipo de la Circular francesa consta de 4 ejes, la carga axial es de $14^t$ y las distancias de eje á eje son todas iguales á $1^m20$.

Veamos ante todo cuál es la posición más desfavorable de la locomotora.

En el dibujo que sigue, la carga sobre la pieza de puente es de



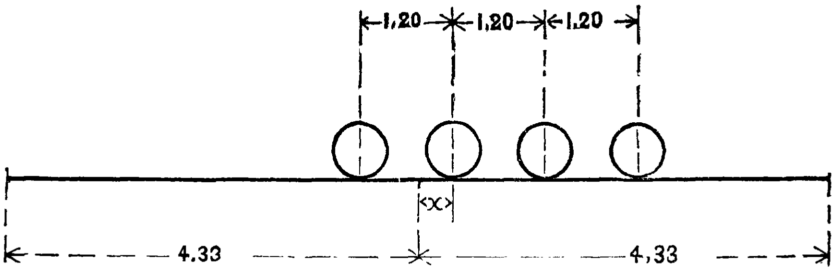

1. V. pág. 787 la figura; x es el espesor de las alas de las escuadras.

$$14^{t}\left(\frac{4.33-x}{4.33}+\frac{4.33-1.20-x}{4.33}+\frac{4.33-1.20+x}{4.33}\right.$$

$$\left.+\frac{4.33-1.20-1.20+x}{4.33}\right)=\frac{14^{t}}{4.33}\,(4\times 4.33-4\times 1.20),$$

independiente de x.

En este otro dibujo




el esfuerzo tiene por expresión

$$\frac{14^{t}}{4.33}\,(4.33-x+4.33-1.20-x+4.33-1.20-1.20-x+4.33-1.20+x)$$

$$=\frac{14^{t}}{33}\,(4\times 4.33-4\times 1.20-2\,x),$$

y el máximum tiene lugar para $x=0$, resultando que este máximum es igual al valor obtenido para cualquiera de los casos de la 1.ª hipótesis.

Luego, las disposiciones más desfavorables son todas las de la 1.ª figura, que producen el mismo valor para la carga, á saber:

$$4\times\frac{14^{t}}{4.33}\,(4.33-1.20)=40^{t}6,$$

ó sea para cada riel: $20300^{kg}$.

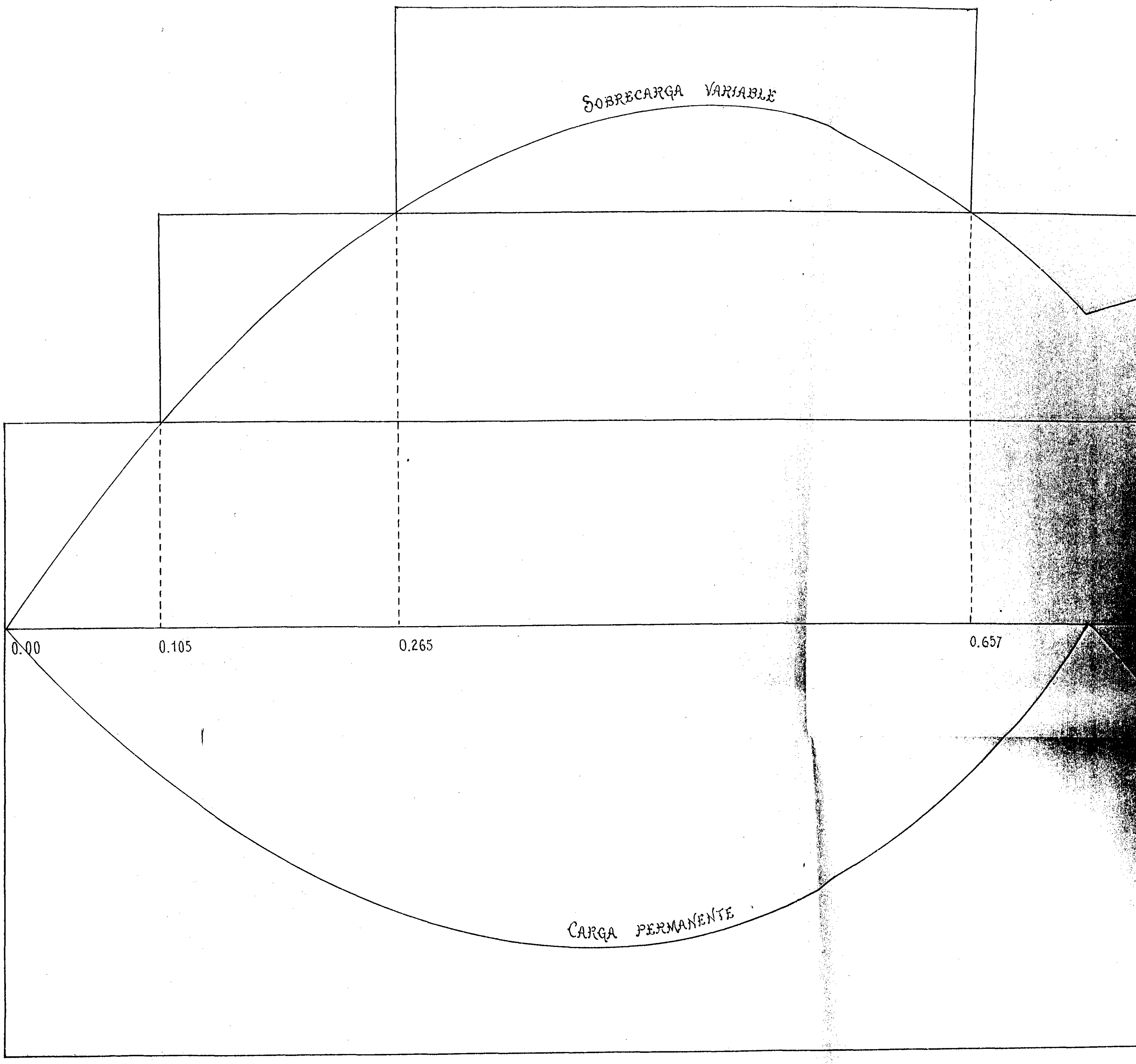
Veamos ahora cuál es el momento máximum que esta doble carga produce en la *pieza de puente,* suponiendo además que el peso propio de la pieza y los pesos del piso, etc., producen una carga uniforme de $400^{kg}$ por metro corriente.

La reacción en los apoyos es

$$\frac{400\times 5}{2}+20300=21300;$$

# PROYECTO DE UN VIADUCTO METÁLICO.

Repartición de los palastros en los tramos de ribera

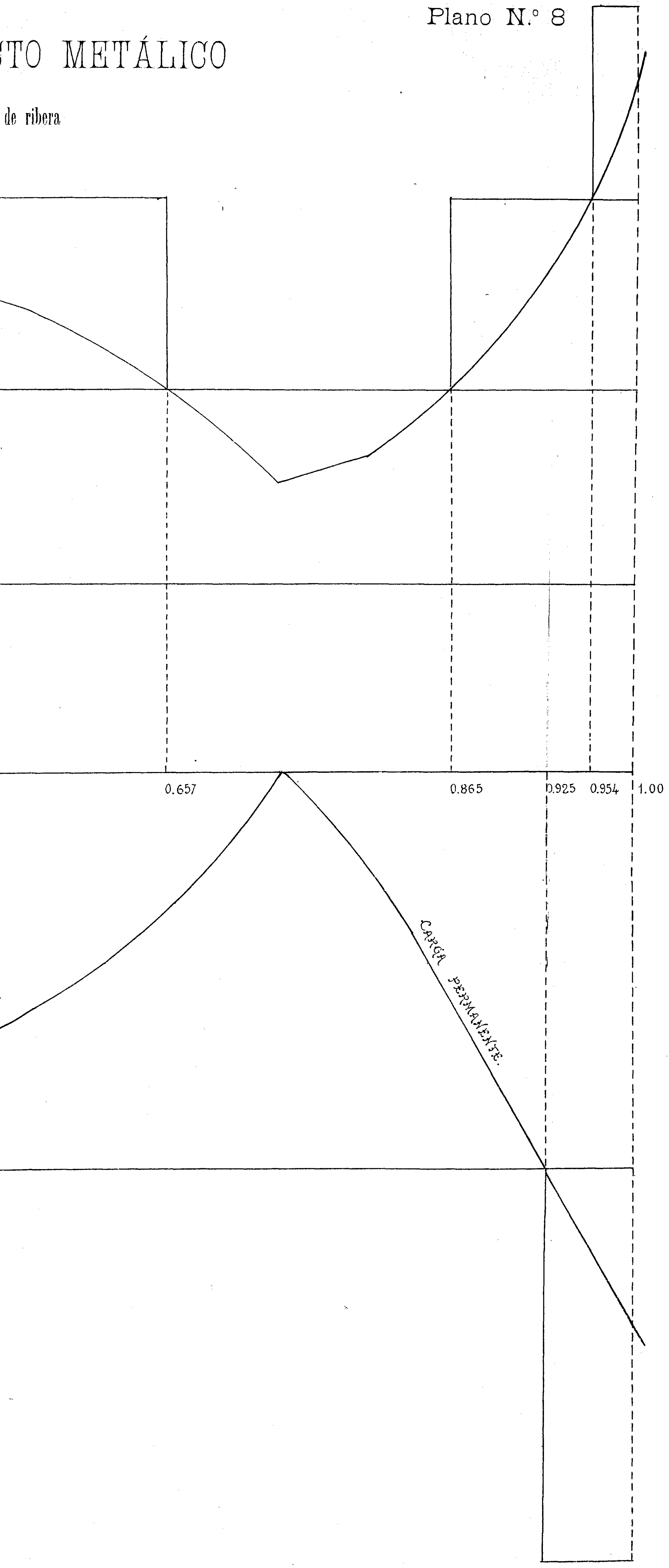



Espesor de cada palastro 0m.01

Plano N.º 8

# STO METÁLICO

de ribera



de consiguiente:

$$M_{máx.} = 2,5 \times 21,300 - \tfrac{1}{8}\, 400 \times 25 - 0,72 \times 20300 = 37384,$$

y sustituyendo en

$$R = \frac{M\,h}{2\,I},$$

se tiene:

$$8000000 = \frac{37384 \times 0,7}{2\,I} = \frac{13084}{I},$$

de donde,

$$I = \frac{13084}{8000000} = 0,001635.$$

Pero la expresión aproximada de I, tomando por incógnita el espesor de la tabla, es

$$I = (8 \times 0,07 \times 0,01 + 2 \times 0,07 \times 0,008 + 2 \times 0,2 \times x) \times \overline{0,35}^2.$$

De esta ecuación y de la anterior es fácil deducir:

$$x = 0,015.$$

---

## Arriostrado

Las barras del arriostrado horizontal se calculan como las del alma de una viga de grandes mallas sometida á una carga uniforme. El sistema articulado es el mismo que el de las vigas principales, sin otra diferencia que tener en toda su longitud cruces de San Andrés con montantes. Aquí está justificada la presencia de las dos aspas de la cruz en toda la extensión del tablero, por el hecho de variar de sentido la fuerza del viento. Al hacer el cálculo, se puede suponer que el viento obra en un solo sentido, y prescindir de las piezas superabundantes que resultan entonces.

Los datos son los siguientes: para todos los tramos, la distancia entre cada dos piezas perpendiculares á la elevación, es de $4^m33$; la longitud de estas piezas perpendiculares (distancia entre las almas de las vigas principales) es de $5^m$; se supone un tren sobre la vía (es el caso más desfavorable), lo que obliga á

admitir un esfuerzo debido al viento igual á $952^{kg}$ por metro corriente, según hemos visto al tratar del cálculo de las pilas. Supondré, en fin, como se hace generalmente, que los tramos de la viga ficticia del arriostrado son separados.

*Tramos de ribera*

Ecuación de los esfuerzos cortantes:

$$V = \frac{1}{2}\, p\, l - p\, x$$

Sustituyamos en esta fórmula: en vez de p, 952; en vez de l, 52; en vez de x, sucesivamente los trece valores 0'00, 4'33, 8'66, 13'00, 17'33, 21'66, 26'00, 30'33 34'66, 39'00, 43'33, 47'66, y 52'00. Los valores correspondientes de V serán: 24752, 20627, 16502, 12376, 8251, 4126, 0, — 4126, — 8251, — 12376, — 16502, — 20627, — 24752.

Las áreas de las secciones de las piezas perpendiculares serán, pues, en virtud de las fórmulas,

$$F = \frac{V}{\cos\theta} \text{ y } R = \frac{F}{\omega},$$

empleadas ya al tratar de las triangulaciones de alma de las vigas principales, y no olvidando que $\theta = 0$ y $R = 10$ : 2475 $^{mm^2}$, 2063, 1650, 1238, 825, 412, 0'000, 412, 825, 1238, 1650, 2063, 2475.

Para calcular las secciones de las piezas inclinadas, empezaré por hallar los valores de V correspondientes á la sección del medio de cada una de ellas; estos valores son los doce siguientes: 22689, 18564, 14439, 10313, 6188, 2063, — 2063, — 6188, — 10313, — 14439, — 18564, — 22689.

Las secciones transversales resultan de las fórmulas.

$$F = \frac{V}{\cos\theta} \text{ y } R = \frac{F}{\omega},$$

en la 1.ª de las cuales

$$\frac{1}{\cos\theta} = \sqrt{1 + \text{tang}^2\theta} = \sqrt{1 + \left(\frac{4{,}33}{5}\right)^2} = \sqrt{1{,}751} = 1{,}32.$$

Así se obtienen los valores siguientes en mm² : 2995, 2450, 1806, 1361, 817, 272, 272, 817, 1361, 1806, 2450, 2995.

*Tramos intermedios*

La fórmula de los esfuerzos cortantes es la misma:

$$V = \frac{1}{2}\ p\ l - p\ x,$$

pero l vale ahora 65.

Van á continuación los valores de V y los de las secciones de las piezas perpendiculares correspondientes á cada una de las abscisas que se expresan:

| Abscisas | Valores V | Valores de las secciones en mm.² |
|---|---|---|
| 0,00 | 30940 | 3094 |
| 4,33 | 26815 | 2681 |
| 8,66 | 22690 | 2269 |
| 13,00 | 18564 | 1856 |
| 17,33 | 14439 | 1444 |
| 21,66 | 10314 | 1031 |
| 26,00 | 6189 | 619 |
| 30,33 | 2063 | 206 |
| 34,66 | — 2063 | 206 |
| 39,00 | — 6189 | 619 |
| 43,33 | — 10314 | 1031 |
| 47,66 | — 14439 | 1444 |
| 52,00 | — 18564 | 1856 |
| 56,33 | — 22690 | 2269 |
| 60,66 | — 26815 | 2681 |
| 65,00 | — 30940 | 3094 |

Para hallar las secciones de las piezas inclinadas, tenemos, en primer lugar, que calcular los quince valores de V correspondientes á las secciones medias de todas las piezas, y de ellos deducir las secciones con el auxilio de las fórmulas

$$F = -\frac{V}{\cos \theta} \text{ y } R = \frac{F}{\omega}$$

en las que $R = 10$ y $\frac{1}{\cos \theta} = 1.32$

He aquí la lista de esos valores:

| Abscisas | Valores de V | Valores de la sección en mm.² |
|---|---|---|
| $0,00 + \frac{4.33}{2}$ | 28877 | 3812 |
| $4,33 + \frac{4.33}{2}$ | 24752 | 3267 |
| $8,66 + \frac{4.33}{2}$ | 20527 | 2710 |
| $13,00 + \frac{4.33}{2}$ | 16501 | 2178 |
| $17,33 + \frac{4.33}{2}$ | 12376 | 1634 |
| $21,66 + \frac{4.33}{2}$ | 8251 | 1089 |
| $26,00 + \frac{4.33}{2}$ | 4126 | 545 |
| $30,33 + \frac{4.33}{2}$ | 0000 | 000 |
| $34,66 + \frac{4.33}{2}$ | 4126 | 545 |
| $39,00 + \frac{4.33}{2}$ | 8251 | 1089 |
| $43,33 + \frac{4.33}{2}$ | 12376 | 1634 |
| $47,66 + \frac{4.33}{2}$ | 16501 | 2178 |
| $52.00 + \frac{4.33}{2}$ | 20527 | 2710 |
| $56,33 + \frac{4.33}{2}$ | 24752 | 3267 |
| $60,66 + \frac{4.33}{2}$ | 28877 | 3812 |

Para evitar el alabeo de las piezas, así como para facilitar las ensambladuras de unas con otras, habría probablemente que aumentar las secciones de algunas de estas piezas; además, las secciones calculadas no comprenden la parte que ocupan los roblones y que es inútil para la resistencia.

---

## Pilas

*Cálculo de una de las pilas más elevadas del viaducto*

En esta parte seguiré, como en lo que precede, los métodos que expone Résal. Las fórmulas que da este sabio (o. c., t. II, p. 561) son las siguientes:

$$F = -Q - q\,x\,,\; X = \mu\,,\; (V = 0)\,,$$
$$(V = S' + s'\,x\,),\; X' = \nu' + S'\,x + \frac{s'\,x^2}{2}$$

En ellas F es el esfuerzo vertical producido (en la sección horizontal de que se trate) por la carga vertical (Q) y por el

peso de la parte de pila superpuesta (q x); X es el momento longitudinal de vuelco (al decir longitudinal, quiero decir que el plano del par de fuerzas que lo produce es paralelo á la elevación del viaducto); $\mu$ es el producto del esfuerzo Q por la mitad del desplazamiento total que sufre el aparato de dilatación á causa de las variaciones de temperatura; V es el esfuerzo cortante longitudinal; X' y V' son las cantidades análogas á X y V, pero referentes al plano transversal; $\nu$ y s' son el momento de vuelco y el empuje transversales debidos á la acción del viento sobre el tablero; finalmente s' es el empuje producido por el viento sobre la pila y referido al metro corriente de altura de ésta.

La abscisa x se cuenta á partir del vértice de la pila; la presión del viento se supone normal á la elevación del viaducto.

Pero yo prescindiré de V y V' que sólo sirven para calcular el arriostrado de la pila, es decir, las piezas horizontales é inclinadas que sirven para ligar entre sí los montantes. En efecto, el cálculo de los montantes es en realidad el único que interesa, á menos que el tipo ó la magnitud de la pila fueran excepcionales.

" Por poco, dice Résal, que el número de las barras de arrios-
" trado sea considerable, como no es posible descender para nin-
" guna de ellas debajo de las dimensiones estrictamente indispen-
" sables para poder ensamblarlas sólidamente á los montantes y
" evitar el flameo bajo los esfuerzos de compresión, siempre ten-
" dremos que atribuir á esta parte de la construcción, una re-
" sistencia muy superior á la que indican las fórmulas. "

Las pilas más elevadas del viaducto son las dos primeras (yendo de izquierda á derecha en el dibujo número 2) y son de igual altura, pero, como los esfuerzos que tienen que soportar difieren algo, habría que calcularlas por separado. Yo sólo voy á ocuparme de la primera, porque el cálculo es casi idéntico en ambas [1].

Valores particulares :

$$-Q = (0{,}5203 + 0{,}5644 + 0{,}2454 + 0{,}2432)\ p\ L$$
$$= 1{,}5733 \times 2200 \times 65 = 224982.$$

q puede calcularse muy aproximadamente por la fórmula que da León Boyer ( *Viaduc de Garabit,* pág. 334 ).

1. Es todavía un poco más sencillo para la 2.ª, pues en ella $\mu = 0$.

$$q = 2000 + \frac{8000}{h} + 10\,(h - 10),$$

ó sea,

$$q = 2000 + \frac{8000}{25} + 10\,(25 - 10) = 2470$$

En fin, el peso del coronamiento y apoyo es de unos $5000^{kg}$; luego

$$F = 229982 + 2470\ x.$$

El valor de $\mu$ se calcula fácilmente: es el producto de la reacción ya calculada (224982) por la desviación que experimenta el centro del aparato de dilatación á un lado ú otro del eje de la pila cuando la temperatura oscila entre su máximo y su mínimo. La dilatación es de $0^m00001$ por grado centígrado para una barra de acero de $1^m$ de longitud. Suponiendo que el puente haya sido colocado sobre sus apoyos en una época del año en que la temperatura es media, habrá que contar unos $25^o$ sobre ó bajo dicha temperatura, y, como la distancia de este apoyo al fijo es de $65^m$, deducimos que la desviación buscada será de $0^m00025 \times 65 = 0^m016$; de consiguiente, $\mu = 224982 \times 0{,}016 = 3600$,

y $$X = 3600.$$

Pasemos ahora á calcular X' que depende de los esfuerzos debidos al viento. Según la Circular francesa, hay que hacer el cálculo en dos hipótesis diferentes: 1.º el viaducto está ocupado por un tren; 2.º el viaducto está libre. En la 1.ª hipótesis hay que suponer que el esfuerzo del viento puede elevarse á $170^{kg}$ por $m^2$, y en la 2.ª hipótesis, á 270. La superficie expuesta á la acción del viento, la evaluaré aproximadamente, pues (vista la incertidumbre de los datos que preceden) no habría utilidad en querer evitar en una parte del cálculo pequeños errores que necesariamente se han de cometer en otra.

Cuando hay un tren sobre el viaducto, la superficie expuesta al viento consta: 1.º, de la nervatura inferior ($0^{m^2}60$ por m. corriente); 2.º, de un rectángulo (V. la Circular francesa) de $3^m$ de altura ($3^{m^2}00$ por m. corriente); 3.º, de las aspas y montantes de cada cruz de San Andrés en la parte que no se superpone á la nervatura inferior ni al rectángulo del tren; esta última superficie, la calculo en $2^{m^2}00$, que es el valor que se admitió para el viaducto de Garabit, suponiendo que la articulación que es encontrada primero por el viento, no disminuye sensiblemente su acción sobre la 2.ª. El total por m. corriente es, pues, de $5^{m^2}60$.

El punto de aplicación de la resultante queda como á $5^m$ por encima de la línea inferior del coronamiento de la pila.

Así, el momento v' es igual á

$$5{,}60 \times 170 \times 58{,}5\,^{1} = 278460$$

y el esfuerzo $S' = 5{,}6 \times 170 \times 58{,}5 = 55692.$

En cuanto al esfuerzo del viento sobre la pila misma, es claro que no puede calcularse *á priori* con toda exactitud, pero comparando los resultados hallados en obras parecidas á la que proyecto, se ve que no se cometería un error considerable, admitiendo un esfuerzo s' por m. corriente, de $3 \times 170 = 510$.

Luego

$$X' = 278470 + 55692\,x + \frac{510\,x^2}{2}$$

De modo que las tres ecuaciones de pág. 817 se convierten para nuestro caso en

$$X = 3600\ ,\ F = 229982 + 2470\,x\ ,$$
$$X' = 278460 + 55692\,x + \frac{510\,x^2}{2}$$

Demos á x los seis valores sucesivos

0'00, 5'00, 10'00, 15'00, 20'00, 25'00,

y resultarán para F y X' los siguientes:

para F: 229982, 242332, 254682, 267032, 279382, 291732;
para X': 278460, 563295, 860880, 1161215, 1392300, 1830135.

Ahora habría que considerar la segunda hipótesis de un esfuerzo del viento de $270^{kg}$ por $m^2$. Los valores de X' serían evidentemente mayores, pero, en cambio, los de F serían mucho menores, pues la carga sobre los apoyos sería la carga permanente sola y no la reunión de la permanente y la accidental, como en la anterior hipótesis. Un ensayo aproximado me ha convencido de la poca utilidad, en este caso, de considerar la 2.ª hipótesis.

Para deducir de estos valores de F, X y X', las secciones de los montantes, recurriré á la fórmula siguiente que da Résal (o. c, t II, p. 555).

$$R = \frac{F}{\Omega} + \frac{X\,d}{I} + \frac{X'\,d'}{I'}$$

1. 58,5 es la longitud de tablero que corresponde á la pila considerada.

En esta fórmula R es el coeficiente de trabajo = 10000000; $\Omega$ es la suma de las secciones horizontales reducidas de los montantes, cuya suma es igual á 4 $\omega$ cos i, llamando i la inclinación sobre la vertical, de la fibra media de cada montante, y $\omega$ la sección transversal incógnita; d y d' son las distancias del punto considerado de la fibra media á los planos axiales transversal y longitudinal respectivamente; I é I' representan los momentos de inercia que Résal llama: momento de inercia longitudinal reducido y momento de inercia transversal reducido, y cuyas expresiones son

$$I = 4\,\omega\,d^2 \cos i$$
$$I' = 4\,\omega\,d'^2 \cos i.$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula que precede, tenemos:

$$10000000 = \frac{F}{4\,\omega \cos i} + \frac{X}{4\,\omega\,d \cos i} + \frac{X'}{4\,\omega\,d' \cos i}$$

Como los montantes son rectos, cos i es constante: su valor es 0.994; X también es constante y vale 3600.

Haciendo las sustituciones posibles en la fórmula y despejando $\omega$, se saca:

$$39760000 = \frac{F}{\omega} + \frac{3600}{\omega d} + \frac{X'}{\omega d'},$$

$$\omega = \frac{F + \frac{3600}{d} + \frac{X'}{d'}}{39760000};$$

los valores de d y d' correspondientes á los seis valores de x ( 0, 5, 10, 15, 20, 25 ) son,

para d: 1'40, 1'60, 1'80, 2'00, 2'20, 2'40;
para d': 2'50, 3'00, 3'50, 4'00, 4'50, 5'00.

Sustituyendo en la expresión de $\omega$ sucesivamente estos valores así como los de F y X', se tendrán para $\omega$ los seis valores que siguen:

$0^{m2}0087$, $0^{m2}0109$, $0^{m2}0127$, $0^{m2}0141$, $0^{m2}0150$, $0^{m2}0155$.

La repartición de los palastros en los montantes, se deduce de lo que precede, sin ningún género de dificultad.

Los montantes van fuertemente anclados á la base de mampostería, para evitar que el viento los haga resbalar; la forma de la

sección de cada uno de ellos es un rectángulo hueco, uno de cuyos lados es de espesor variable, pues á él se aplican los palastros necesarios.

---

## Mamposterías

Como los esfuerzos que experimentan los estribos y las bases de mampostería de las pilas, son siempre verticales, el cálculo de la resistencia de estas partes del viaducto es facilísimo. Me limitaré á buscar el coeficiente de trabajo en la hilada inferior del basamento de la primera pila.

La carga máxima del tablero es, según hemos visto, $224982^{kg}$; el peso del coronamiento y del aparato de dilatación es $5000^{kg}$; el de la pila metálica es $60750^{kg}$; y finalmente, el peso del basamento (suponiendo igual á 2,6 la densidad de las mamposterías) será aproximadamente $60$ [1] $\times 13$ [2] $\times 2600^{kg} = 20240000^{kg}$.

La hilada inferior tiene una superficie de cerca de $80^{m^2}$, lo que da para cada $m^2$ una carga de $\frac{20240000}{80}$ : 253000, ó sea, $25^{kg}$ por centím.$^2$, trabajo perfectamente admisible.

---

## Roblonadura

Como ejemplo de roblonado, calcularé el de la junta de un palastro que figura en el dibujo de detalles (3.°).

Ante todo, la disposición de los roblones en filas oblicuas con respecto á la solución de continuidad del palastro, es la más favorable para la resistencia. Las distancias respectivas de los roblones y las que separan la fila exterior del borde de los palastros, han sido calculadas de acuerdo con las reglas prácticas de Morandière.

Para unir dos palastros de alma consecutivos, empleo dos cubrejuntas rectangulares de $10^{mm}$ de espesor cada uno. Como el espesor del palastro de alma es de $15^{mm}$ y su altura de 600, la sección interrumpida es de $600 \times 15 = 9000^{mm^2}$; como, por otra parte, hemos admitido que el trabajo por esfuerzo cortante del acero es $\frac{8}{4}$

1. $60^{m^2}$ es la sección horizontal media de la base de la pila.
2. $13^{m}$ es la altura.

del trabajo por extensión, la suma de todas las secciones de roblones que trabajan al cizallamiento, será $\frac{4}{3} \times 9000$, pero observando que $\frac{2}{5}$ de la sección del palastro se pierden al abrir los agujeros de los roblones (como podremos verificarlo después), bastará con que la suma de todas las secciones de roblón que trabajan, sea $= \frac{3}{5} \times \frac{4}{3} \times 9000^{mm^2} = 7200^{mm^2}$.

Ahora bien, la sección de cada roblón es

$$\pi \frac{19^2}{4} = 284^{mm^2}.$$

De consiguiente, ya que hay dos secciones que trabajan en cada roblón, el número de éstos de cada lado del cubrejunta, será $\frac{7200}{2 \times 284} = 12$; es el número de roblones que se ve en la figura del plano 3.º.

La parte de sección inutilizada por los roblones, será $12 \times 20 \times 15 = 240 \times 15$, ó sea, $\frac{2}{5}$ de la sección interrumpida del palastro; la hipótesis hecha hace un momento queda así comprobada.

Pasemos ahora á la roblonadura de las escuadras. En cada escuadra la sección recta interrumpida es de $\frac{3}{5}$ $200 \times 12 = 1440$ y, como hay dos secciones que trabajan en cada roblón, el número de éstos será de $\frac{4}{3} \frac{1440}{2 \times 284} = 3$.

Veamos, en fin, el número de roblones destinados al palastro horizontal. Aquí la sección interrumpida es, descontando los agujeros de los roblones: $380 \times 10 = 3800$, y de consiguiente, el número de los roblones será: $\frac{4}{5} \frac{3800}{2 \times 284} = 8$.

---

## Lanzamiento

El cálculo de los esfuerzos que experimentan las diferentes piezas del puente durante el lanzamiento, es fácil, pero largo; hay que estudiar un cierto número de posiciones sucesivas del tablero, y cuanto mayor sea ese número, mayor es la exactitud de los resultados obtenidos. Yo me limitaré á considerar el primer tramo durante el primer período del lanzamiento, período que termina al llegar la extremidad anterior del tablero al coronamiento de la primera pila. En las demás fases de la operación, el método de cálculo es análogo y los medios empleados transitoriamente para aumentar la resistencia y disminuir los esfuerzos, serían idénticos

(hierros suplementarios, vientos, espolones de madera, andamiajes laterales en las pilas, etc.)

Résal (*Ponts métalliques*, tomo II, pág. 152) da, para hallar los momentos de toda la parte de tablero que se extiende desde el punto en que deja de apoyarse sobre los rodillos hasta el borde del estribo, la fórmula siguiente:

$$X = \frac{1}{2} p \left( - \lambda^2 + \frac{3}{\sqrt{2}} \lambda x - x^2 \right).$$

La longitud S de estribo á que se aplica esta fórmula, resulta de la igualdad $S = \lambda \sqrt{2}$; las abscisas están medidas á partir del borde del estribo; $\lambda$ es la longitud de la parte de tablero ya *lanzada;* p es la carga permanente por m.

El mismo Résal (obra citada, pág. 145) da esta otra fórmula para la parte de tablero *lanzada:*

$$X = - \frac{1}{2} (\lambda - x)^2.$$

De estas fórmulas deduzco el método que sigue.

Empecemos por referir las abscisas á un mismo origen: el extremo del tablero. Tendremos que sustituir en la 1.ª fórmula $x - \lambda$ en vez de x, y en la 2.ª $\lambda - x$ en vez de x. Así resultará:

$$X_1 = \frac{1}{2} p \left[ - \lambda^2 + \frac{3}{\sqrt{2}} \lambda (x - \lambda) - (x - \lambda)^2 \right]$$

y

$$X_2 = \frac{1}{2} p x^2 ;$$

ó sea,

$$\frac{X_1}{\frac{1}{2} p} = - \left( 2 + \frac{3}{\sqrt{2}} \right) \lambda^2 + \left( 2 + \frac{3}{\sqrt{2}} \right) \lambda x - x^2,$$

es decir,

$$\frac{X_1}{\frac{1}{2} p} = - 4{,}122 \lambda^2 + 4{,}122 \lambda x - x^2$$

y

$$\frac{X_2}{\frac{1}{2} p} = - x^2.$$

Demos ahora distintos valores á x; por ejemplo, los cinco que siguen:

$$\frac{52}{5}, \; 2 \times \frac{52}{5}, \; 3 \times \frac{52}{5}, \; 4 \times \frac{52}{5}, \; 52,$$

y hallemos el mayor de los dos máximos aritméticos que corresponden en las fórmulas precedentes, á cada uno de estos cinco valores particulares, cuando se hace variar $\lambda$.

En la 2.ª fórmula, $\frac{X_2}{\frac{1}{2} p}$ es independiente de $\lambda$.

En la 1.ª, $\lambda$ ha de ser menor que x (de lo contrario la fórmula no sería aplicable) y mayor que 0,414 x, según resulta de la igualdad $S = \lambda \sqrt{2.}$

Empecemos por dar el valor mínimo á $\lambda$; tendremos:

$$\frac{X_1}{\frac{1}{2} p} = | -4{,}122 \times (0{,}414)^2 + 4{,}122 \times 0{,}414 - 1 | x^2 = 0;$$

para $\lambda = 0{,}586$ x, también se obtiene $\frac{X_1}{{}^1\!/_2 p} = 0$. Luego, hay entre estos dos valores de $\lambda$, uno que corresponde á un máximo aritmético; ese valor es $\lambda = 0{,}500$ x, y el que resulta para $\frac{X_1}{{}^1\!/_2 p}$ es $0{,}03\ x^2$, muy inferior (aritméticamente) al que se obtiene haciendo $\lambda = x$.

Por lo tanto, el trabajo de una sección cualquiera de las que consideramos, llega á su máximo en el momento en que abandona el estribo, y se conserva invariable desde entonces hasta que termina el primer período del lanzamiento. El valor de este máximo es $\frac{1}{2}\ p\ x^2$, llamando x á la distancia que media entre la sección considerada y el extremo del tablero.

Haciendo $p = 2000^{kg}$ solamente, pues en el acto del lanzamiento el tablero se aligera todo lo posible, mediante la supresión de todas las piezas que no forman parte de la osatura resistente; los valores de $\frac{1}{2}\ p\ x^2$ correspondientes á las cinco secciones que estoy considerando, serán:

108160, 432640, 973440, 1730560, 2704000.

Suponiendo $R = 15000000$, lo que no es exagerado tratándose de esfuerzos poco durables, el momento de inercia que se debe oponer al último de los momentos flectentes que preceden, se deduce de la fórmula conocida:

$$I = \frac{\mu\ h}{2\ R} = \frac{2704000 \times 5{,}5}{30000000} = 0{,}496.$$

Pero el momento de inercia de cada palastro de cada viga principal es

$$0{,}38 \times 0{,}01 \times \frac{5.5^{\ 2}}{4},$$

y, como cada viga tiene dos tablas y hay dos vigas, el momento de inercia para cada zona de la repartición de palastros es $0,38 \times 0,01 \times 5,5^2 = 0,115$; habría, pues, necesidad de cinco palastros en cada tabla ó mejor dicho de cuatro, ya que las escuadras y la parte del alma que encierran equivalen á un palastro, según lo dicho antes [p. 806]; pero el dibujo de la repartición de los palastros asigna seis á esta sección: habrá, pues, en ella un exceso de resistencia.

Pasemos á la sección penúltima en que el esfuerzo es de 1730560; el momento de inercia necesario es de 0,32, lo que exige tres palastros, que son los que han debido emplearse para resistir á los esfuerzos definitivos.

Para las otras secciones, en que los momentos flectentes son cada vez menores, toda comprobación estaría de más.

No hay necesidad, pues, de palastros auxiliares en el primer tramo.

---

## Flechas

Ya he indicado antes (p. 782) la importancia que tiene en la prueba de los puentes, el haber calculado las flechas de carga permanente, de sobrecarga, etc. Résal propone las fórmulas siguientes para el cálculo de estos datos (Résal, o. c, t. II, p. 187).

Para la carga permanente en el tramo de ribera:

$$f = \frac{p\ l^4}{384\ E\ I}\ (24\ b_1\ \delta^2 - 7).$$

Para la carga variable en el mismo tramo:

$$F^{1} = \frac{p'\ l^4}{384\ E\ I}\ (48\ b_3\ \delta^2 - 24\ b_1\ \delta^2 - 7).$$

Para la carga permanente en los tramos intermedios:

$$f_1 = \frac{p\ L^4}{384\ E\ I}\ (48\ a_1 + 24\ b_1 - 7).$$

Y para la carga variable en los mismos tramos:

$$F_1 = \frac{p'\ L^4}{384\ E\ I}\ (96\ a_3 + 48\ b_3 - 48\ a_1 - 24\ b_1 - 7).$$

1. F es la amplitud máxima de la variación de la flecha.

Los coeficientes $a_1$, $b_1$, etc., tienen los valores ya conocidos. (V. p. 797).

Las fórmulas precedentes no son rigurosamente exactas, ni habría gran utilidad en que lo fueran, pues el cálculo de las flechas sólo sirve para hacer una verificación aproximada de las condiciones generales de resistencia de la obra.

Supondré $E = 5/6\ 225 \times 10^8 = 187 \times 10^8$; y para el momento de inercia I, tomaré un valor intermedio de 0,23, calculado suponiendo 3 palastros y asimilando á un palastro las dos escuadras con la parte de alma que encierran.

De ese modo he hallado los valores siguientes:

$$f = 0^m0192$$
$$F = 0^m1277$$
$$f_1 = 0^m0245$$
$$F_1 = 0^m2008.$$

---

## Rodillos

Résal [1] indica la fórmula

$$\pi = K.\ 2\ \rho\ l,$$

para calcular el peso que puede soportar un rodillo. l es la longitud del rodillo, $\rho$ es el radio de curvatura de la superficie que recibe directamente la carga y K es un coeficiente que Résal fija en 0,20 para el acero (la unidad es el milímetro).

Los rodillos que yo empleo tienen una longitud de $0,^m60$ y un radio de curvatura $\rho = 0^m10$. Por consiguiente,

$$\pi = 0,2 \times 200 \times 600 = 12000$$

y como hay dos aparatos de dilatación sobre cada pila, bastará dividir la reacción que se verifica en ella, por 24000, para saber el número de rodillos de cada carrete.

1. O. c., t. II, p. 245.

Así, para los estribos, en que la reacción es igual á (0,1457 + 0,3701) × p L [1], ó sea,

$$0{,}5158 \times 2200 \times 65 = 73759^{kg},$$

el número de rodillos necesario es de 3. [2]

---

Setiembre de 1892.

Aula de Puentes.

V.º B.º

V. Benavides,
Catedrático.

---

Consejo de E. S. y Superior.

Montevideo, Abril 21 de 1893.

Atentos los informes satisfactorios suministrados al Consejo por el señor Decano de la Facultad de Matemáticas y el señor Catedrático de Puentes y Caminos sobre el mérito del presente trabajo, — publíquese en los Anales de la Universidad.

Vásquez Acevedo.

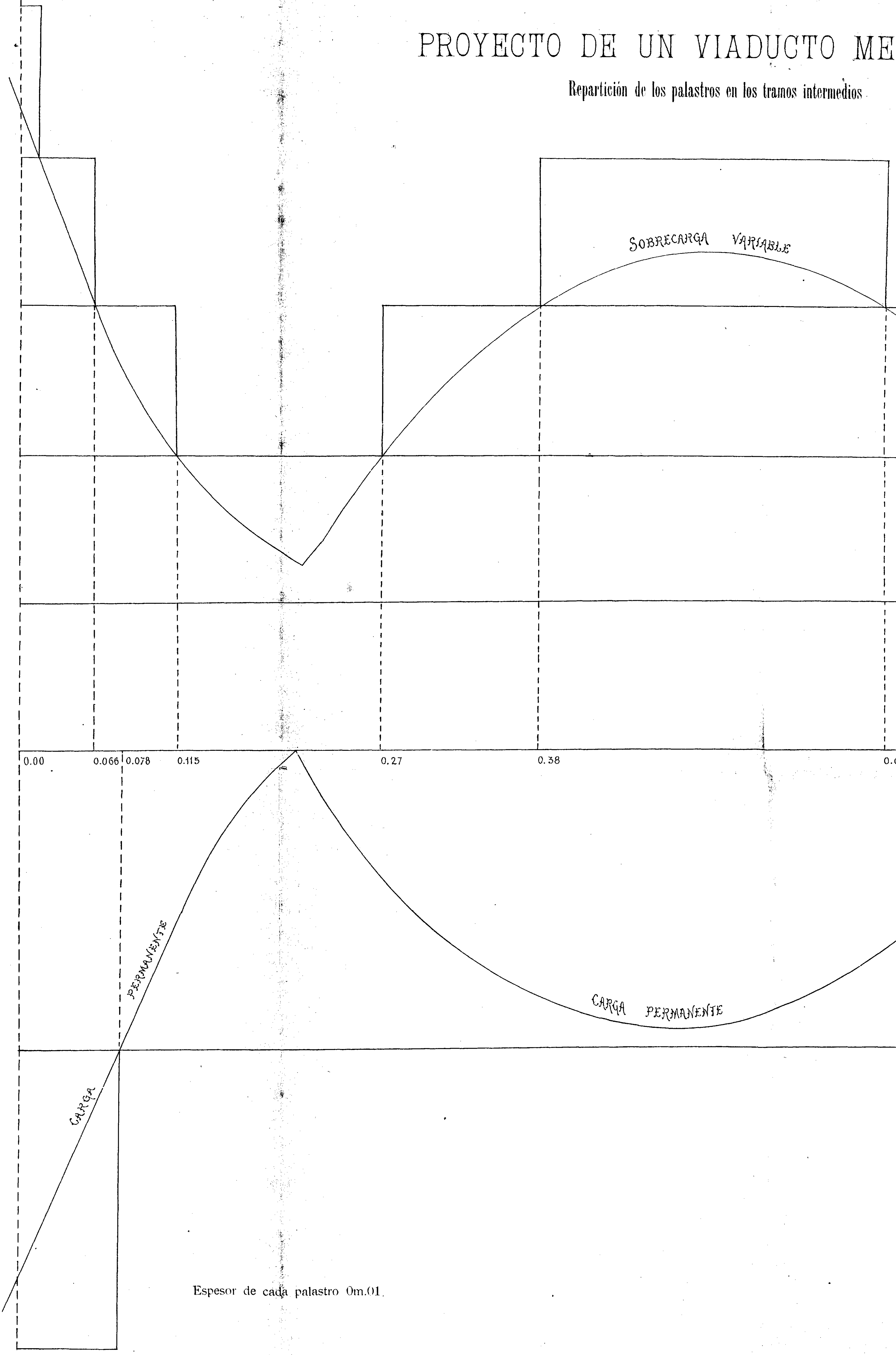
*Enrique Azarola*
Secretario.

---

1. V. las curvas gráficas de los esfuerzos cortantes, plano 6.º
2. Despreciando una pequeña carga.

# PROYECTO DE UN VIADUCTO ME

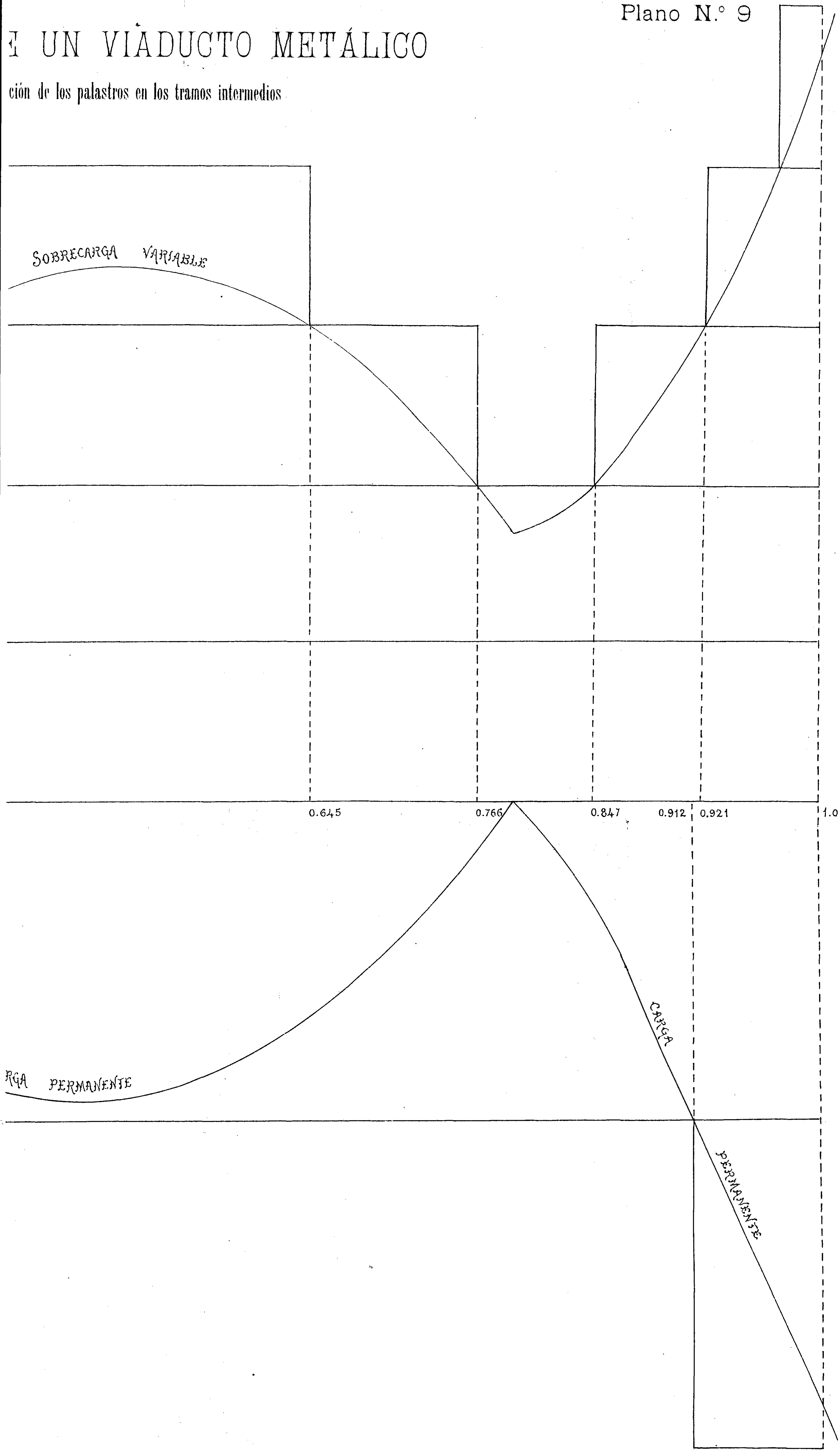
**Repartición de los palastros en los tramos intermedios.**




Espesor de cada palastro 0m.01.

# E UN VIADUCTO METÁLICO

ción de los palastros en los tramos intermedios



# Los impuestos en la República Oriental

POR EL DOCTOR EDUARDO ACEVEDO

(Continuación)

Vamos á indicar ahora cuáles son las cargas que tiene que soportar el comercio de exportación.

La ley de 24 de Setiembre de 1883 suprimió los derechos sobre las carnes que se exportaran de la República, cualquiera fuese el sistema empleado para su conservación. Hasta entonces el derecho que había regido era el 2 °/o del valor de las carnes, según los cuadros que presentó la Comisión de Hacienda de la Cámara de Senadores. El fundamento alegado por el Gobierno en su mensaje de Julio de 1883, era la baja en el precio de los ganados y la conveniencia de contrarrestarla mediante la supresión absoluta de los derechos de salida, que sólo producían 120 ó 130 mil pesos al año.

Más tarde se dictó la ley de 30 de Enero de 1888, que exoneró de todo derecho á los productos y frutos naturales, y á los artículos manufacturados en el país. Sólo exceptuó el ganado en pie que se exportase por la frontera terrestre y la arena y la piedra bruta ó sin labrar. En el mensaje del Poder Ejecutivo aconsejando aquella medida, se invocaba en primer lugar el hecho de que la República Argentina había resuelto ya la supresión, lo que creaba á nuestras industrias una condición desventajosa. Alegaba en segundo lugar, la baja persistente en el precio de los cueros, sebos y demás frutos del país, que seguía acentuándose, como consecuencia, según ya lo demostramos en el capítulo de

NOTA. Al dar los originales para el último número de este periódico, que hubo necesidad de compaginar con cierto apresuramiento, omitimos decir que las leyes de Enero de 1888 y Enero de 1891, habían sido modificadas en lo relativo á los alcoholes y bebidas alcohólicas. Con arreglo á la ley de 31 de Agosto de 1891, fueron elevados los derechos de importación en esta forma: Aguardientes hasta 20 grados, 136 milésimos por litro, agregándose 68 diezmilésimos por cada grado de aumento; bebidas alcohólicas, 31 centésimos por litro, si no exceden de 20 grados, y en proporción las de mayor fuerza alcohólica.

las exportaciones y en el de la crisis de 1868, del aumento de la producción en el mundo y de la activa competencia de los artículos llamados sucedáneos.

Exceptuaba la arena y la piedra bruta, porque de esos artículos tiene que proveerse aquí el mercado argentino para sus construcciones; y el impuesto sobre el ganado en pie que se exporta por la frontera terrestre, porque su abolición podía estimular el desarrollo de los saladeros del Brasil en detrimento de los saladeros orientales.

Aparte de las consideraciones que invocaba el mensaje, pudo agregarse que los países industriales tienden á suprimir todo derecho que trabe ó dificulte la salida de sus productos, y que algunos han ido y van hasta el extremo de estimular con primas la exportación.

Claro está que cuando se trata de un monopolio natural, como le ocurre á Chile con el salitre, al Perú con el guano, á la Italia con el azufre, lejos de haber peligro, hay positiva conveniencia en gravar la exportación, porque entonces el consumidor extranjero es quien real y positivamente paga el impuesto, bajo forma de elevación en el precio de aquellos artículos. Pero cuando se trata de productos que, como los cueros, las lanas, la carne tasajo, los cereales, tienen que luchar con una activa competencia, el exportador no puede levantar los precios para reembolsarse el impuesto, porque inmediatamente pierde el mercado y nadie le compra sus mercaderías. Se ve obligado para conservar su posición y su clientela, á mantener los precios más bajos, descargando el peso del impuesto sobre la producción nacional, de esta manera bien sencilla: el exportador de lanas y tasajo ofrece al barraquero y al saladerista el precio de antes, menos la cuota del impuesto; y á su vez el barraquero y el saladerista imponen al estanciero ese precio menor, produciéndose en definitiva un descenso general en el valor corriente de los ganados y de sus productos.

La conquista parecía ya definitivamente asegurada y así habría sido en cualquier país de administración financiera medianamente correcta. Pero ocurrió la crisis de 1890, las rentas descendieron fuertemente; y en lugar de buscarse el equilibrio del presupuesto en una inmediata reducción de los gastos, se prefirió recurrir al más fácil arbitrio de aumentar los impuestos ya existentes y de crear otros, entre los cuales fueron comprendidos los derechos de

exportación. La ley de 4 de Octubre de dicho año estableció un derecho específico de $ 1.30 por cada 100 kilos de lana, $ 1.70 por cada 100 kilos de cerda, 50 centésimos por cada 100 kilos de grasas y sebos, 40 centésimos por cada 100 kilos de carne tasajo, $ 1.00 por cada 100 kilos de carne y lenguas conservadas, 25 centésimos por cada cuero vacuno salado y 12 por los secos, 10 centésimos por cada kilo de extracto de carne, y así otros varios.

Nuestra gran industria saladeril iniciaba entonces un período de completo descenso, que todavía continúa. De los cuadros que publicamos en el capítulo de las exportaciones, resulta que es precisamente desde el año 1890, que empiezan á retrogradar los saladeros orientales, siendo desalojados por los saladeros argentinos, del primer rango que antes ocupaban en el Río de la Plata. Por su parte, los cueros, sebos, lanas, etc., sufrían descenso ó por lo menos estacionamiento en los precios. Todo inducía entonces á dictar medidas salvadoras en vez de crear un nuevo impuesto, equivalente á unos 70 ú 80 centésimos por cada animal, que tenía que reducir, como en efecto ha reducido, el nivel ya tan castigado de nuestra riqueza pública.

Otro inconveniente grave ofrecía el restablecimiento del impuesto, y era dificultar el tránsito disfrazado de los frutos brasileros y argentinos por territorio oriental. Las autoridades brasileras, como lo hemos dicho en otro capítulo, sólo otorgan guías de tránsito en dos puntos extremos de la frontera, como medio de obligar á los productores á que se valgan de las vías de comunicación y transportes nacionales. Esas trabas eran eludidas en toda la zona fronteriza intermedia, mediante la incorporación de los frutos brasileros á los orientales, que llegaban á los puertos de embarque como frutos orientales. Una vez restablecidos los derechos de salida y dadas las trabas existentes del otro lado de la frontera, para el otorgamiento de guías, ya no podía ni puede esperarse el mismo movimiento de tránsito disfrazado, que no carecía de importancia, como tuvimos oportunidad de demostrarlo al comparar el monto de las exportaciones de cueros vacunos, con las matanzas para saladeros y consumo de la población.

Delineados ya los rasgos salientes de la legislación aduanera á que está sometido el comercio exterior *especial*, agregaremos antes de ocuparnos del comercio de tránsito, algunas indicaciones complementarias, acerca del procedimiento para la recaudación de

los derechos, la movilización de las mercancías depositadas en los almacenes de Aduana y los plazos para el pago del impuesto.

Nuestra ley de Aduana admite simultáneamente los derechos *ad valorem* y los derechos *específicos*. Los primeros, se cobran bajo la forma de un tanto por ciento sobre el valor de las mercaderías importadas. Así se exige, por ejemplo, á las mercaderías generales el 36 % de su valor; y á las exceptuadas, desde el 6 % hasta el 56 % de su valor. Los segundos se establecen sobre el *peso* de las mercaderías: tantos centésimos por kilogramo ó por litro.

El procedimiento de los derechos *ad valorem*, exigiría en rigor que cada mercadería fuera tasada en el acto del despacho, por su precio corriente, menos el importe de los derechos á pagarse. Pero si el impuesto se fijara así en cada despacho, podría ocurrir que el criterio de los distintos tasadores no fuera idéntico y que algunos comerciantes tuvieran que pagar más que otros; y que dos despachos separados por un pequeño intervalo, dentro del cual se hubieran producido oscilaciones en los precios, originaran grandes perturbaciones en la plaza. Por otra parte, el comercio necesita conocer con anticipación los impuestos que tiene que pagar, á fin de calcular sus pedidos con toda precisión. Se hace indispensable entonces formar con cierta anticipación, *las tarifas de avalúos*, en donde se encuentren anotadas todas las mercaderías que pueden importarse, con sus respectivos precios corrientes al margen. Entre nosotros, la avaluación se practica una vez al año, por una Comisión compuesta del Director General de Aduanas, del Inspector de Vistas, de los vistas y de un número igual de comerciantes y dos industriales elegidos por el Ministerio de Hacienda, entre los matriculados con casa abierta. La tarifa actual contiene para la importación más de 4.000 clasificaciones.

Es absolutamente imposible que la tarifa siga todas y cada una de las oscilaciones de precio y diferencias de calidad que presentan los artículos; y tiene, en consecuencia, que buscar los precios medios, so pena de no poder clasificar. Veamos una mercadería cualquiera, la camisa, por ejemplo. Establece la tarifa diez clases: camisas de crimea finas y ordinarias, de bayeta, de hilo, de algodón y vistas de hilo, de algodón (para hombres); de algodón lisas, bordadas y de hilo lisas y bordadas (para señora). Cada clase tiene su valor, con un descuento de 30 % para las camisas de niños. Las camisas de hilo para hombre, cualquiera

sea su clase, están aforadas á 24 pesos docena y las de algodón con vistas de hilo á 10 pesos docena; y es sobre estos aforos, que pagan el 53 % *ad valorem.* Entretanto, salta á los ojos, que en esos artículos caben fuertes oscilaciones de precio, que se pueden constatar en cualquier tienda ó camisería. En otros casos, la tarifa desciende más y registra diez y nueve clases diferentes, como en las *gorras*, y diez y siete como en los sombreros; pero aun cuando aumente así las clases, jamás puede seguir de cerca las oscilaciones de valor, que son infinitas y se resisten á toda clasificación. La propia tarifa reconoce á veces la imposibilidad del avalúo previo y entonces se limita á establecer que el aforo se practicará á la vista de cada artículo. Los muebles de grandes esculturas, por ejemplo, se aforan á la vista. Estas excepciones son forzosamente reducidas por las razones que ya indicamos.

Los derechos *específicos*, pueden aplicarse de dos modos: igualando las calidades y exigiendo tantos centésimos por litro ó por kilogramo, ó distinguiendo entre los artículos finos y los ordinarios. Puede establecerse, por ejemplo, que el litro de vino, sea cual fuere su calidad, pagará 10 centésimos, ó bien que el litro de vino fino (Champagne, Jerez, Oporto, etc.) pagará 23 centésimos, mientras que el vino común sólo pagará 6 centésimos. Cuando se admiten gradaciones á fin de no gravar con igual derecho á los artículos finos y ordinarios, el sistema que adopta el peso se aproxima muchísimo al sistema que adopta el valor.

Ambos procedimientos, el de los derechos *ad valorem* y el de los derechos específicos, tienen sus ventajas é inconvenientes. Los primeros, aun dentro del régimen de los avalúos previos, pueden distribuirse con mayor proporcionalidad; pero complican el mecanismo aduanero y dificultan la liquidación de los derechos. Los segundos simplifican extraordinariamente las operaciones de Aduana; pero en cambio sacrifican la proporcionalidad del impuesto. Supóngase que es una cantidad de pipas de vino ó de barricas de azúcar ó de fardos de tabaco, lo que se quiere despachar para el consumo de la plaza. Si rigen los derechos *ad valorem*, habrá que extraer una muestra de cada pipa, de cada barrica y de cada fardo y constatar su calidad, para determinar á qué clasificación de la tarifa de avalúos corresponde. Pero si rigen los derechos específicos, bastará saber que se trata de vinos,

de azúcar ó tabaco, y poner los bultos en la balanza para liquidar sin pérdida de tiempo los impuestos.

En las aduanas europeas hay marcada preferencia por los derechos específicos. Se explica bien que así ocurra en países de industria desarrollada, que son importadores de materias primas más que de artículos fabricados. Un cargamento de cueros vacunos, de lanas, de algodón ó de sebos, contiene sin duda alguna diferentes calidades; pero esas diferencias de calidad rara vez son considerables, y puede el legislador prescindir de ellas sin cometer grandes injusticias. Nosotros mismos, hemos adoptado el derecho específico para el comercio de exportación; y actualmente se recauda el impuesto sobre los cueros, lanas, sebos, extractos de carne, tasajo, etc., sobre la base de tantos centésimos por cada kilo de lana ó de carnes, ó por cada uno de los cueros que salen del país.

Cuando se trata de artículos fabricados, las diferencias de calidad pueden ser enormes y tener más importancia que la cantidad ó el peso. Dos obras de arte, una de gran valor y otra ordinaria, pueden pesar igual número de kilogramos; pero sería absurdo someterlas al mismo impuesto aduanero. El derecho *ad valorem* se impone ahí sin ningún género de duda. Pero en la generalidad de los propios artículos fabricados, es posible el establecimiento de los derechos específicos, siempre que se admitan gradaciones, dos al menos, una para los artículos finos y otra para los ordinarios.

Nuestra ley de Aduana grava, por ejemplo, los azúcares refinados con un derecho específico de 6 centésimos por kilo y los no refinados simplemente con 5 centésimos; al vino fino 23 centésimos por litro y al común ó de mesa 6 centésimos por litro; al cigarro de hoja de la Habana 6 pesos kilo, y al de otras procedencias la mitad; á los alcoholes según su graduación; á la franela, según sea, de lana ó de algodón, ó de lana y algodón. En otros casos, la ley prescinde de toda diferencia de calidad y se atiene exclusivamente al peso. Por ejemplo, el café en grano paga 8 centésimos el kilo y el molido 24 centésimos, y el de achicoria 6 centésimos, sin distinguir calidades; el paño casimir y casineta de lana, paga 93 centésimos el kilo, y el paño de lana y algodón paga 31 centésimos. Dos fardos de casimir de lana se ponen en la balanza. Puede resultar que los dos contengan el mismo número de piezas y de metros, pero que uno de ellos, sea

un paño grueso, de tejido ordinario, propio para trajes baratos, mientras que el otro sea un tejido riquísimo y muy liviano. El paño ordinario pagará, sin embargo, más derechos que el fino. Otro ejemplo lo suministra el tabaco en hoja, gravado con un derecho específico uniforme de 50 centésimos por kilo. Un fardo de tabaco habano pesará lo mismo que otro de tabaco paraguayo, brasilero ó norteamericano, pero entre el primero y los segundos existen inmensas diferencias de calidad y de valor, que la balanza no constata. El consumidor de tabaco ordinario pagará entonces igual impuesto que el consumidor de excelente tabaco, lo que entraña una injusticia palmaria.

Como nuestro comercio de importación lo constituyen principalmente artículos fabricados, no debemos, pues, admitir los derechos específicos uniformes; y hay que atenuar la crudeza de éstos, mediante una distinción entre los artículos finos y los ordinarios, que sin quitar su admirable simplicidad á ese procedimiento aduanero, evite, sin embargo, el recargo de impuestos sobre las clases pobres.

Veamos ahora de qué manera pueden movilizarse las mercaderías depositadas en los almacenes de Aduana. Un decreto de Diciembre de 1879, autorizó á la Aduana para expedir certificados á la orden, en donde debía hacerse constar: la fecha del certificado y nombre y domicilio del depositante de mercaderías; la clase y cantidad de las mercaderías (según el manifiesto de entrada y declaración del depositante), así como los números, marcas y envase de los bultos; la anotación de que no se entregarán las mercaderías sino con presentación del certificado y endoso y transferencia en forma. Para facilitar las transferencias y operaciones de crédito, agrega el decreto, que á solicitud del depositante, podrá indicarse también el peso ó cantidad, la calidad y el valor de las mercancías, previa verificación por la Aduana. Los certificados son endosables en prenda ó transferibles juntamente con las mercancías, según se estipule, debiendo en uno y otro caso hacerse anotar la operación en el registro de Aduana, y pudiendo siempre el poseedor del certificado verificar personalmente la clase, cantidad y calidad de las mercaderías depositadas.

En Mayo de 1888, pasó el Gobierno un extenso mensaje á la Asamblea, recomendando un nuevo proyecto de ley sobre warrants. Decía el mensaje que en todo el tiempo transcurrido desde

el decreto anterior de 1879, la Aduana no había expedido un solo certificado y que hubo que inutilizar las libretas talonarias, en vista de que el comercio no había intentado jamás valerse de ellas. Agregaba, que después de constituído el Banco Nacional en 1887, este establecimiento se dirigió al Gobierno solicitando la impresión de nuevos certificados, á fin de anticipar fondos al comercio bajo la garantía de las mercaderías depositadas en los almacenes de Aduana; pero que no obstante haber accedido el Gobierno á ello, apenas se expidieron 3 certificados por pequeño valor, y que en el cobro ocurrieron demoras muy sensibles con motivo de la quiebra de uno de los cedentes. El Gobierno explicaba el hecho, por falta de una ley que hiciera más rápido el cobro y sobre todo por no existir sino un certificado, lo que impedía al comerciante enajenar las mercaderías ya dadas en prenda. Propuso entonces la creación de un doble boleto, constituído por un certificado de depósito, para transferir las mercaderías, y un warrant, para tomar dinero sobre prenda. Los dos boletos podían separarse á voluntad, pero la venta de las mercaderías no podía hacerse efectiva, sino exhibiendo el warrant ó depositando en la Aduana el valor afectado por el warrant. Y en cuanto á formalidades, la Aduana sólo intervenía en la primera inscripción, dejando la negociación de los certificados enteramente libre y sin trabas, para no contrariar el secreto comercial. Por lo demás, un warrant vencido, daría derecho á ejecutar la prenda en juicio brevísimo. Este nuevo proyecto no está convertido en ley todavía.

Muchas veces llegan cargamentos de artículos extranjeros ó de frutos del país, en mal momento para la plaza. Una espera de 2 ó 3 meses puede dar lugar á una reacción favorable en los precios, pero es claro que en la generalidad de los casos, el comerciante luchará con dificultades para hacer frente á sus compromisos, sin liquidar los depósitos. El warrant, que le permite tomar dinero en los Bancos, puede entonces salvar su situación y dar tiempo á que los precios reaccionen. Hay que decir, sin embargo, que el uso del warrant tan general en las grandes plazas europeas, encuentra entre nosotros dificultades, dimanadas en primer lugar de la estúpida preocupación de que el comerciante que apela al warrant para hacerse de fondos, es porque se encuentra mal en sus negocios, y luego porque nuestro comercio de importación es principalmente de artículos fabricados, que hay que revisar y tasar en cada caso, mientras que las importaciones europeas son principal-

mente de materias primas, cuya clase se determina simplemente por la procedencia del artículo, sin exámenes previos y morosos.

En cuanto al último punto que indicamos, ó sea la forma para el pago de los derechos, la ley de 1861 estableció que los de exportación pagaríanse al contado y los de importación mediante letras aceptadas por los comerciantes, á seis meses, garantidas por un comerciante responsable, á satisfacción del Director de Aduanas. Este considerable desahogo concedido al comercio de importación, que permitía pagar los derechos con el propio importe de las mercaderías despachadas, no existe ya. El pago se verifica ahora al contado ó dentro de un plazo de 15 días, pues cada comerciante tiene 2 días en el mes, para satisfacer el impuesto que corresponde á los despachos de cada quincena. Todavía es más exigente la ley argentina, que prescribe que el impuesto se chancelará en el acto mismo del despacho.

La defraudación de los derechos de Aduana tiene penas gravísimas en nuestra legislación. El decreto-ley de Marzo de 1877, declara que los contrabandistas quedan sometidos á las penas del hurto. La ley de Aduana agrega que para responsabilizar civil y criminalmente á los infractores, no es indispensable que se haya producido el comiso, bastando otras pruebas fehacientes de la consumación del contrabando. En cuanto á la defraudación parcial, establece la ley de Aduana, que las mercaderías no comprendidas en las tarifas de avalúos, se liquidarán sobre la base de los valores declarados, pudiendo la Aduana en el término de 48 horas retener las mercaderías cuya declaración considere baja, pagando á los interesados el valor declarado con un 10 °/₀ de bonificación.

Llegamos á la tercera rama del comercio exterior, al comercio de tránsito, que tiene para nosotros grandísima importancia.

No es sólo por el movimiento de puerto y actividad de brazos á que siempre da origen el pasaje de tránsito, sino también y muy principalmente par el ensanche general de las operaciones del comercio exterior y la constitución de grandes empresas, que no podrían desenvolverse mediante el solo comercio especial. Supóngase una casa de comercio, como muchas de las que funcionan en la plaza de Montevideo, que vende anualmente por 300 mil pesos á otras casas radicadas en el país y por 200 mil pesos á clientes que residen en la frontera brasilera y litoral argentino. Las compras en Europa se elevarán entonces á

medio millón de pesos, y tal aumento en el giro permitirá comprar á mejor precio, ahorrar en los fletes, alquilar locales más amplios, tener mayor cantidad de dependientes y movilizar un capital más considerable, que será también fuente de comisiones y ganancias que se incorporan luego á nuestro capital local.

Cuando el tránsito se reduce á ver pasar un tren cargado de mercaderías que se despacha desde un país á otro, sin detenerse en el territorio intermedio, los beneficios podrán efectivamente reducirse á la utilización de los vehículos nacionales; pero cuando ocurre, como entre nosotros, que la aduana se convierte en un gran depósito adonde vienen á surtirse los comerciantes de otros países, entonces el tránsito representa una extensa fuente de riquezas, que la legislación fiscal debe estimular de todos modos, mediante excepcionales franquicias.

La estadística oriental no consigna el valor ni la naturaleza de las mercaderías que llegan á los depósitos de aduana y que luego son despachadas en tránsito para la frontera brasilera y litoral argentino y Paraguay; pero algunos datos que hemos recogido entre las mismas casas de comercio, permiten elevar á 10 y 12 millones las remesas de la plaza de Montevideo al Brasil, no ahora, en que el comercio está deprimido, sino en los buenos años anteriores.

Montevideo, por su admirable posición geográfica, podría ser el depósito general y permanente de una parte considerable del Brasil, de la Argentina y del Paraguay, y es á conseguir ese propósito, que deberían tender nuestras leyes fiscales y el esfuerzo perseverante de los Poderes públicos.

La primera medida que se impone, es relativa al mejoramiento del puerto. Los buques de ultramar tienen que fondear lejos, lo que ocasiona gastos de lanchaje y no despreciables pérdidas de tiempo, que se acentúan gradualmente, á medida que el fondo de la bahía disminuye y crece el calado de los buques.

La construcción de un puerto de abrigo en Montevideo, ofrece dos peligros gravísimos: nos exponemos á destruir las ventajas naturales de nuestra hermosa bahía y á recargar la navegación con fuertes gabelas destinadas á cubrir los gastos que demande la obra. Lo primero puede evitarse mediante estudios que todavía no hemos practicado acerca de las mareas, fuerza y dirección de las corrientes, naturaleza de los fondos y demás elementos sin los cuales es absurdo y hasta criminal discutir y aceptar pro-

yectos de puerto. Los argentinos, que no tenían puerto, han podido arriesgarse en la construcción de uno, sin gran peligro, porque se limitaban á conquistar terrenos al mar; pero nosotros podemos inutilizar el que nos ha dado la naturaleza, que es bastante bueno. Lo segundo sólo puede evitarse mediante un puerto que no grave la navegación, y que sea construído á expensas del país entero, que será el beneficiado con el considerable impulso que tomaría el comercio en general.

Mientras no sea posible evitar esos dos escollos, deberíamos limitarnos á limpiar la bahía y un simple canal de entrada, á fin de asegurar á nuestro puerto un fondo conciliable con la navegación de alto bordo. Media docena de dragas, que trabajaran constantemente, con el presupuesto que ahora derrochan nuestros ridículos barquitos de guerra, bastarían para cambiar en poco tiempo la condición de la bahía y aumentar el tráfico. Es lo que se propuso la ley de Diciembre de 1869, al crear un impuesto sobre el tonelaje, que se aplicaría durante veinte años á limpiar y profundizar el puerto, hasta descubrir fondo sólido. Si esa ley, en vez de permanecer olvidada, se hubiera cumplido, el problema estaría ya en extremo simplificado.

Si hay algo que debemos rechazar en absoluto, es la realización de obras, que luego se tornen en gabelas á la navegación y el comercio, porque nada adelantaríamos con tener un puerto magnífico pero caro. Gozamos de grandes ventajas comerciales que conviene aumentar á toda costa, mediante excepcionales franquicias. En materia industrial, la República Argentina nos lleva la media arroba, por la extensión de su territorio y la increible baratura de sus tierras; pero en materia comercial, Montevideo tiene las llaves del Plata y puede sin esfuerzo, constituirse en un gran mercado de tránsito y monopolizar el comercio exterior de una zona extensísima. Poco importa que la República Argentina haya construído ya magníficos puertos en Buenos Aires y La Plata, porque tiene que luchar con un enemigo formidable, con la falta de profundidad del río, que no da acceso á los buques de gran calado. Y como la tendencia es á aumentar cada día el calado de los buques de ultramar, nosotros que podemos contar con aguas mucho más profundas, habríamos afirmado nuestro predominio comercial el día que pudiéramos construir un puerto gratuito ó que sólo impusiera á la navegación un mínimum de derechos.

Vamos á enunciar ahora las formalidades dictadas para impedir que á la sombra del comercio de tránsito se desarrolle el contrabando, en nuestra extensa y despoblada frontera terrestre. La ley de Junio de 1861 establece: que es libre el trasbordo, reembarco y tránsito de mercaderías para puertos extranjeros y para las aduanas de depósito en el litoral de la República; que el tránsito por tierra para los territorios limítrofes y viceversa, sólo es permitido por las aduanas del Salto, pudiendo sin embargo autorizarlo por otros lugares el Poder Ejecutivo; que los depósitos se harán en almacenes del Estado y en los particulares, reglamentados unos y otros por el Poder Ejecutivo; que el término para esos depósitos será limitado á dos años, contados desde el día que los buques abran registro, siendo forzoso al final del plazo el despacho para consumo ó tránsito, pudiéndose con todo obtener prórroga por otros dos años, previo pago del almacenaje y eslingaje, si las mercaderías no tuvieren avería; que el depósito en almacenes particulares, sólo podrá ser por seis meses con derecho á una prórroga de igual plazo, previo pago del eslingaje devengado; que los efectos que se reembarquen de tránsito para el extranjero, no adeudarán almacenaje, si no permanecieren más que un año en depósito, quedando además en las aduanas del Salto, exentas de eslingaje. El decreto reglamentario de dicha ley dispone que quedan habilitadas para la importación y exportación 12 aduanas, pero que el depósito sólo será permitido en las aduanas de Montevideo, Salto, Paysandú, Cuareim y Santa Rosa; que el depósito á flote y en almacenes particulares, sólo consentiríanse en el puerto y aduana de Montevideo.

Un reglamento dictado el 10 de Agosto de 1874, estableció que los permisos para remover mercancías de la Aduana del Salto en tránsito terrestre para los países limítrofes, deberían ser presentados y firmados por comerciantes matriculados y expresar el número de los volúmenes, su naturaleza, marcas, las mercancías que contuvieren, su calidad, cantidad, peso ó dimensión; que luego de presentado, el permiso sería aforado y liquidado, pudiendo en todo caso el receptor verificar la exactitud de las declaraciones; que liquidado el permiso, debería el interesado otorgar fianza, para el pago de dicho importe, en el caso de que no acreditase la introducción de las mercancías en las aduanas de los países limítrofes, mediante la exhibición de un certificado de esas mismas aduanas extranjeras, que detallase in extenso las mercaderías introducidas,

Había que exhibir el certificado dentro de un plazo máximo de seis meses.

Las disposiciones de este reglamento, inspiradas en el deseo muy natural y legítimo de evitar que á la sombra del comercio de tránsito se desarrollara el contrabando, debían causar y causaron un daño inmenso al tránsito terrestre. Es bien notorio que el contrabando se ejerce en grande escala en el Brasil y que muchas de las propias autoridades brasileras de la frontera y del litoral del Uruguay, son las que estimulan y participan de los beneficios del comercio ilícito. Al exigir entonces la aduana oriental, que la aduana brasilera expidiese un certificado detalladísimo de la cantidad, calidad y valor de las mercancías introducidas, que debía coincidir con los permisos de tránsito aquí expedidos, cerraba las puertas á abusos que ya se han encarnado en las prácticas comerciales y hasta aduaneras del país vecino. Sucedió entonces, que el comercio de tránsito se desvió de nuestro territorio, prefiriendo hacerse por la República Argentina, que no exigía al comercio otro dato que el número de los bultos, sin averiguar su contenido y su valor. Por efecto del cambio de ruta, algunas de las aduanas orientales, como la del Salto, sufrieron una fuerte detención en su movimiento comercial.

Pasaron largos años, antes que las autoridades orientales se dieran cuenta del craso error en que habían incurrido, siendo recién en 1887, que se dictó un nuevo reglamento estableciendo que todas las formalidades requeridas por el de 1874, y varias otras más, se llenarían por las propias aduanas y receptorías orientales, pero que los manifiestos destinados á acompañar las mercaderías en tránsito, sólo consignarían los envases, marcas, contramarcas, nombres del remitente y del destinatario, nombre del conductor y número de carretas, cuando no fueran por el ferrocarril.

Era una reforma que se imponía. Nada más justo y conveniente que reglamentar y vigilar el comercio de tránsito, hasta impedir que bajo el nombre de tránsito y al amparo de sus grandes franquicias, puedan defraudarse las rentas de Aduana, destinándose las mercaderías al consumo de nuestra población. Pero era una completa torpeza, que los manifiestos detallados de la cantidad y valor de las mercancías de tránsito, fueran controladas por las autoridades aduaneras de los países vecinos, porque lo que hacíamos con eso era constituirnos en policía de los países extranjeros

para defenderlos de un contrabando, que aparte de otras circunstancias decisivas, ellos mantienen por incuria ó por cálculo.

Otra forma de reglamentación del tránsito que existe en nuestro régimen aduanero, consiste en la aplicación del *draw back* al carbón de piedra. El carbón paga el 6 % *ad valorem* y se baja directamente á las barracas y depósitos particulares; pero cada vez que se reembarca con destino á puertos extranjeros ó buques de ultramar, la Aduana devuelve el impuesto correspondiente á la partida reembarcada, de manera que sólo retiene definitivamente las cuotas pagadas por el carbón que se consume en la República. Como se trata de un artículo que carece de similares en la producción nacional, el sistema de los *draw-backs* no ha originado entre nosotros los abusos que en otras partes. Más útil sería con todo quitar este único caso de las devoluciones aduaneras, suprimiendo en absoluto el derecho sobre un artículo que desempeña papel tan importante en el desarrollo industrial y que tiene especial significación en el movimiento de tránsito de nuestro puerto.

## III

## La contribución inmobiliaria

Establece la ley vigente que todas las propiedades urbanas, suburbanas y rurales, pagarán como contribución inmobiliaria una cuota uniforme del 6 1/2 por mil, quedando exceptuados del impuesto las propiedades nacionales y departamentales, los edificios destinados al culto, los puentes, las minas en cuanto al subsuelo y materiales de explotación, los edificios en construcción cuando las obras no estén paralizadas, y las propiedades cuyo valor en conjunto no exceda de quinientos pesos.

Nuestro impuesto territorial es, como se ve, de cuota. Cada propiedad paga un tanto por ciento sobre su valor venal y corriente. Otra forma distinta, es el impuesto de repartición, tal como existe en Francia, donde la ley se limita á establecer la cantidad total que deberá producir el impuesto. Ese total subdivídese entre los diversos departamentos ó circunscripciones del territorio; luego se verifica igual distribución entre las comunas;

y por fin se distribuye la cuota de cada comuna entre los propietarios que la forman. El impuesto de repartición es más simple, pero también es mucho más injusto que el de cuota, por cuanto es absolutamente imposible que en las sucesivas distribuciones, predomine siempre el mismo criterio y no se recargue á unos contribuyentes más que á otros. Aparte de estas inevitables injusticias, es una forma de impuesto muy poco elástica, que no sigue las oscilaciones de la propiedad, como las puede seguir el impuesto de cuota, cuando toma por base el verdadero valor de la propiedad.

En cuanto á las exenciones de impuestos, la única que necesita aclaración, es la relativa á un mínimum no imponible. El propósito del legislador ha sido favorecer á los pequeños propietarios de la campaña, que no tienen sino su rancho y una insignificante fracción de tierra, que en la generalidad de los casos, sería menester sacar á remate, para sufragar el impuesto. En años anteriores, el mínimum no imponible era de 1,000 pesos, como en 1853 y 1858. La ley vigente ha reducido todavía el beneficio en otro sentido, estableciendo que cuando la propiedad sea suburbana y no esté cultivada en la tercera parte de su extensión por lo menos, ni sirva de asiento á algún establecimiento fabril ó cabaña de animales sementales de sangre pura, no gozará del beneficio de la exención de impuestos.

Divídense las propiedades en urbanas, que son las de las ciudades, pueblos ó villas; en suburbanas, comprendiéndose bajo esta denominación todas las que se encuentran situadas dentro de los ejidos; y en rústicas ó rurales, que son aquellas otras ubicadas fuera del radio de los ejidos. Se considera que las propiedades rústicas del Departamento de Montevideo son todas suburbanas, debido á la pequeña extensión de este Departamento y á la intensidad de su población.

Respecto de las propiedades urbanas y suburbanas, la contribución inmobiliaria recae sobre el valor de la tierra y de las construcciones, mientras que respecto de las propiedades rurales, sólo toma por base el valor de la tierra, con prescindencia de las construcciones, plantaciones y producciones agrícola y ganadera.

En las mismas propiedades suburbanas, se establece un recargo del 25 % de la contribución, cuando no tengan cultivada á lo menos la tercera parte de su extensión, ni sirvan de asiento á un establecimiento fabril, ni se hallen ocupadas por cabañas donde se cuiden animales sementales de sangre pura.

Para fijar el valor de las propiedades sujetas al pago del impuesto, admite la ley dos procedimientos distintos. Tratándose de las propiedades urbanas y suburbanas, establece que regirá la misma avaluación del año anterior, salvo casos especiales en que la Oficina de Impuestos juzgue necesario practicar nuevo avalúo, para lo cual tomará por base el valor venal y corriente de la propiedad, con un 10 % de rebaja. Si el propietario no se conforma, la cuestión se resuelve inapelablemente por tres peritos, siendo el tercero designado por los dos que respectivamente hayan nombrado la oficina de rentas y el reclamante. Y tratándose de las propiedades rurales, establece la ley una tarifa, en la que se fijan de antemano los valores, sin perjuicio de que el que se considere perjudicado pueda exigir el nombramiento de peritos. Dicha tarifa divide todo el territorio de la República en once grandes zonas, estableciendo para todas las propiedades situadas en cada zona un precio uniforme por hectárea. Así, por ejemplo, se afora á once pesos la hectárea, desde la barra de Santa Lucía hasta la barra del Yacuy en una zona formada por el Río de la Plata y Río Uruguay con 12 y 1/2 kilómetros de fondo; en el Departamento de Canelones se afora á 35 pesos la hectárea entre Piedras y Colorado, y á 24, 18 y 13 pesos en el resto del Departamento; á 9 pesos la hectárea en los Departamentos de San José, Flores, Florida, Colonia y Soriano; á 8 pesos la hectárea en los Departamentos de Durazno, Paysandú y Río Negro; á 7 pesos en los Departamentos de Salto y Artigas; á 6 pesos en los Departamentos de Tacuarembó, Maldonado y Minas; y por último á 5 pesos en los Departamentos de Rocha, Treinta y Tres, Cerro-Largo y Rivera.

El pago de la contribución inmobiliaria puede hacerse en dos plazos, siendo libre la acción de aquellos que quieran efectuarlo de una sola vez, pero no pudiendo dejar para el segundo el pago del primero. En el Departamento de la Capital, se efectúa el pago dentro del primer semestre del año económico y dentro del segundo semestre en la campaña, correspondiendo al Poder Ejecutivo la fijación de los términos. El decreto reglamentario prescribe, que en la capital se exigirá en los meses de Setiembre y Octubre y en la campaña en Enero y Febrero. La ley de 1853, que creó el impuesto, establecía el pago por cuatrimestres; la de 1856, por semestres; y la de 1858 en una sola cuota anual. La ley vigente autoriza el pago en dos cuotas, pero con

un mes de intervalo nada más, lo que poco alivio reporta al contribuyente. Separando las dos cuotas por un período de seis meses, la carga sería más llevadera y el mismo tesoro público ganaría con entradas así distribuídas, que le permitirían disponer de fondos con más frecuencia y comodidad.

Agrega la ley que los propietarios que no paguen el impuesto dentro de los plazos fijados, sufren una multa de otro tanto de la cantidad adeudada y costas de la cobranza; que el juicio se sigue ante los jueces de paz, quienes proceden breve y sumariamente, intimando á las partes el nombramiento de árbitros si la cuestión versa sobre la aplicación del impuesto, ó el nombramiento de peritos si recae sobre la extensión ó valor de la propiedad; que para iniciar y concluir el juicio no es indispensable la presencia de los propietarios, y en caso de ausência de éstos, se entenderán las diligencias con los encargados, cualquiera que sea el carácter que invistan respecto al verdadero dueño, ó con los arrendatarios y ocupantes, y á falta de todos, con un defensor de oficio que represente al propietario; que los propietarios que hayan dejado de pagar la contribución por varios años y espontáneamente se presenten á pagar los atrasos, quedan relevados de multa y obligados únicamente al pago de dos de los impuestos atrasados; que ningún oficial ó funcionario público, puede autorizar ningún acto que afecte el dominio, sin que se acredite previamente por la exhibición de la planilla respectiva, estar paga la contribución del año corriente; que el escribano autorizante anotará toda trasmisión de dominio en la planilla respectiva, con indicación de área y precio, si fueren determinados.

Con fines puramente estadísticos, exígese al contribuyente de propiedades suburbanas y rústicas, bajo pena de multa, que declare las construcciones, cercos, plantaciones de árboles, viñedos, áreas de labranza, ganados, que existan en su terreno. Por último, y como medio de estimular la fiscalización, establece el decreto reglamentario de la Contribución Inmobiliaria, haciendo uso de una facultad concedida por la ley al Poder Ejecutivo, que las multas relativas á propiedades que hayan sido denunciadas por los revisadores del impuesto, se adjudicarán á estos mismos revisadores.

Tales son las bases del impuesto territorial, que representan un positivo progreso en nuestra legislación tributaria.

Hasta el ejercicio económico de 1886-87, la actual Contribución

Inmobiliaria se denominaba *Contribución Directa* y gravaba no sólo la propiedad territorial, sino también las importaciones, los capitales en giro y los ganados, englobando diversos impuestos, que nada tenían que ver entre sí y que introducían un verdadero caos en nuestro régimen fiscal.

La reforma se operó en la ley de 1887-88, bautizándose desde entonces el impuesto con el nombre de Contribución Inmobiliaria, y eliminándose de él las importaciones, capitales en giro y los ganados. Desde que sólo quedaban subsistentes los terrenos y construcciones, como base del impuesto, más correcto habría sido llamarlo "Impuesto territorial y sobre las construcciones". Aquellas eliminaciones estaban indicadas por la naturaleza misma del impuesto y las aconsejó un ilustrado informe de la Comisión de Hacienda de la Cámara de Diputados, obra del señor don Domingo Lamas.

Las importaciones ya satisfacían el derecho de Aduana, y si éste se conceptuaba bajo, debía alzarse, sin necesidad de disfrazar el impuesto indirecto.

Los capitales en giro, ya pagaban el impuesto de patentes y eran por otra parte de escasísimo rendimiento en la Contribución Directa. Gravaba la ley con el 6 y 1/2 por mil á los capitales empleados en operaciones bancarias, descuentos, acciones, compras de frutos del país, ganado para saladeros, fábricas de jabón, velas, conservas, licores, cerveza, máquinas, préstamos, compañías de seguros, casas de cambio, operaciones de Bolsa, embarcaciones, escribanías y registros que hubieren salido del dominio fiscal, compra y venta de sueldos y liquidaciones, rodados y otros diversos empleos del capital. Era una verdadera patente proporcional. Pues bien, según los datos suministrados á la Comisión de Hacienda de la Cámara de Diputados, por la Oficina de Crédito Público, todo el capital en giro declarado en la República en el ejercicio 1886-87, apenas se elevaba á *once y medio millones de pesos,* que produjeron 75.000 pesos de impuesto. En ese capital figuraban los Bancos por 4 y 1/2 millones, los tranvías por 1 y 3/4 millones, correspondiendo el saldo á todo el resto del capital en giro del país! Las ocultaciones eran enormes.

Los ganados, gravados también con la cuota del 6 y 1/2 por mil, producían algo menos de 300.000 pesos, y aparte de la imposible fiscalización del impuesto, tratándose de una riqueza extensamente distribuída en siete mil leguas de territorio, era urgente

aliviar las cargas que soportaba la producción nacional, como medio de estimular su desarrollo perezoso y lento hasta entonces.

Otra reforma, de data más reciente, consiste en el establecimiento de una cuota uniforme para todas las propiedades sujetas al pago del impuesto. Hasta el ejercicio 1887-88, regían dos cuotas: una de 6 y 1/2 por mil para las propiedades urbanas y toda clase de edificios y construcciones en las inmediaciones de las ciudades, pueblos y villas y además para los terrenos no cultivados y campos de pastoreo; y otra cuota de 5 y 1/2 por mil, para las chacras cultivadas, campos de pastoreo en que se cultivase forraje (pasto artificial) para las necesidades del ganado, campos sembrados con cereales, plantas oleaginosas ó tintóreas, algodón y plantas sacarinas, terrenos plantados con plantas textiles, lino, cáñamo, ramie, etc. — El propósito del legislador era promover el desenvolvimiento de la agricultura. Pero en la práctica, las cuotas diferenciales estimulaban grandemente el fraude, ocurriendo que el contribuyente para gozar del beneficio de la cuota menor, hacía declaraciones falsas, que las oficinas recaudadoras del impuesto no podían controlar ni castigar en la generalidad de los casos, por los obstáculos que levanta un extenso territorio casi desierto.

Se reformó entonces la ley, sobre la base de la uniformidad de la cuota, que todavía rige; pero como era saltante la necesidad de estimular el desenvolvimiento agrícola é industrial de la campaña, se mantuvieron los demás favores y se crearon otros, en esta forma: 1.° que las *construcciones* rurales no se tomarían en cuenta al determinar el capital sujeto al pago del impuesto; 2.° que tampoco se gravarían las plantaciones, ni la producción agrícola y ganadera; 3.° que en los ejidos, tendrían un recargo de 25 % de la Contribución Inmobiliaria los terrenos dedicados exclusivamente al pastoreo; 4.° que el valor de los terrenos rurales se regiría por una tarifa de avalúos, con precio uniforme para todos los terrenos situados dentro de cada zona, sin distinguir sus diferencias de precio corriente.

Este último beneficio tiene más importancia de lo que á primera vista parece, como lo hacía notar la Comisión de Hacienda de la Cámara de Diputados en el informe respectivo. La ley, por ejemplo, afora á nueve pesos la hectárea de terreno en los Departamentos de San José, Flores, Florida, Colonia y Soriano. Para los trabajos agrícolas, ordinariamente se emplean los terrenos de mejor calidad y los situados sobre las vías de comunicación, á fin

de abaratar en lo posible los gastos de transporte. Pero también por esas dos mismas ventajas, resulta que las tierras de labranza son las que valen más y habría que establecerlo así, si la ley tomara por base el precio venal y corriente de las propiedades gravadas. Entretanto, en el avalúo por zonas, que abarcan uno ó varios Departamentos, se adopta un precio medio para todas las tierras, con lo que se acuerda á las de labranza una positiva rebaja en el aforo y por lo mismo en la cuota contributiva.

De la antigua ley de contribución inmobiliaria, queda todavía el vicioso procedimiento de avalúo, contra el cual ya es tiempo de reaccionar, y deberían reaccionar el Fisco y los contribuyentes, porque todos se encuentran igualmente interesados en la reforma.

Ya dijimos que para las propiedades urbanas y suburbanas, la ley vigente ordena que rijan las avaluaciones del año anterior. Pero lo curioso es que en doce leyes seguidas, que tenemos á la vista, correspondientes á los años 1880 á 1892, se repite invariablemente que para las propiedades urbanas y suburbanas, regirán las mismas avaluaciones del año anterior, sin otra novedad, que en 1880, se dictó una rebaja general del 10 °/o y en 1884, un aumento general del 15 °/o.

La ley de 1853, que estableció la contribución directa, gravó con el 2 por mil á los capitales, disponiendo que éstos se fijarían por declaración de los propios contribuyentes en el mes de Noviembre de cada año, y á falta de declaración, por el avalúo practicado por dos vecinos sacados á la suerte, de una lista de veinte que formarían anualmente los Jueces de Paz. El contribuyente podía recusar hasta 10 de los vecinos sorteados. La declaración debía hacerse ante las Juntas Económicas ó Comisiones Auxiliares, y apareciendo muy diminuta, podían las Juntas decretar el avalúo. Excediendo la tasación del 25 °/o, el contribuyente tenía que pagar con arreglo al verdadero precio y los gastos causados. Esta ley fué modificada por la de 1856, que estableció que los capitales se declararían ante la Junta de Crédito Público, en Montevideo, y ante el recaudador de la contribución directa en campaña; que en defecto de declaración, se practicaría el avalúo por el Juez de Paz de la sección respectiva y dos vecinos capitalistas, sorteados de una lista de 10, formada anualmente por los dichos magistrados; que cuando á juicio de la Junta de Crédito ó de los recaudadores, apareciera diminuta la

declaración y resultase del avalúo decretado con tal motivo una ocultación equivalente á la cuarta parte del capital, pagaría el contribuyente la cuota mayor, más el décuplo de ella. Otra ley de 1858 estableció, que en defecto de declaración por el contribuyente ó cuando apareciera diminuta, prevalecería el avalúo de un juri de avaluación, compuesto del Juez del Paz de la sección respectiva y seis individuos, de los cuales 3 serían nombrados por la Oficina de Crédito Público en la capital ó por los recaudadores en campaña, y los otros 3 por el interesado.

Basta comparar el procedimiento establecido en esas leyes viejas, con el que han adoptado las leyes más modernas, para comprender que hemos retrogradado en vez de adelantar.

Reconociéndolo así, el Gobierno presentó á la Asamblea, en 1889, un proyecto de ley, que fué sancionado, por el cual se dispuso como medio de preparar la reforma de la contribución inmobiliaria en el Departamento de Montevideo: que el Poder Ejecutivo nombraría en cada sección judicial una Comisión avaluadora, compuesta de tres ciudadanos afincados, encargada de avaluar cada una de las propiedades ubicadas en su sección respectiva, tomando por base el valor corriente de las mismas; que dichas avaluaciones serían comunicadas á los contribuyentes y á la Dirección de Impuestos Directos, pudiendo unos y otra apelar dentro de cinco días ante una Comisión central compuesta de cinco miembros elegidos por el Poder Ejecutivo, entre los 50 propietarios que paguen mayor suma de contribución inmobiliaria; que los individuos de las Comisiones seccionales gozarían de diez pesos por cada día de trabajo, no debiendo éstos exceder de cien, y cada miembro de la Comisión de apelaciones sería remunerado con 15 pesos por día de trabajo.

Dicha ley, debida á la iniciativa del Ministro de Hacienda á la sazón, don Jacobo A. Varela, se cumplió en la parte relativa al avalúo; pero al mismo tiempo que terminaba la tarea de las Comisiones avaluadoras, estallaba la gran crisis de 1890, que deprimió el valor de la riqueza territorial, é hizo imposible tomar como base los valores inflados correspondientes á 1889. Y hemos vuelto otra vez al vicioso expediente de referirnos á las avaluaciones de los años anteriores.

El procedimiento de las Comisiones remuneradas, es caro para repetirse con frecuencia, y conviene buscar otro al que pueda recurrirse con mayor facilidad. La ley de Contribución Directa

argentina, establece que todos los terrenos y edificios de propiedad particular en la capital de la República y territorios sujetos á la jurisdicción nacional, pagarán el 5 por mil de su avaluación; que el avalúo de las propiedades se hará por los empleados de la Dirección General, debiendo notificarse al contribuyente el importe de la avaluación y cuota que le corresponde pagar; que de esa avaluación puede reclamarse ante un jurado, compuesto de un Presidente, nombrado por el Poder Ejecutivo, y de cuatro vocales que designará á la suerte la Dirección de Rentas, de una lista que formará para el año, de veinte mayores contribuyentes de cada circunscripción; que el Poder Ejecutivo dividirá la capital en circunscripciones, funcionando en cada una de ellas un jurado; que los jurados actuarán durante 30 días consecutivos, dos horas diarias por lo menos, y que dentro de ese término deberán los contribuyentes deducir sus reclamos; que el procedimiento será verbal, dejándose sólo constancia escrita de las decisiones, que son inapelables; que el cargo de jurado es gratuito y obligatorio.

Este procedimiento es económico y ofrece completas garantías. Y á fin de hacerlo todavía menos gravoso, podría establecerse que la revisión de las tasaciones sólo se efectuaría cada dos años; pero de ninguna manera á intervalos más largos. En territorios muy poblados, donde el precio de la propiedad territorial ha conseguido cierta fijeza, se explica que no haya necesidad de practicar nuevos avalúos, sino cada 5 ó cada 10 años. Pero entre nosotros, y en general en todos los países nuevos, el precio de la tierra está sujeto á grandes y continuas oscilaciones, no siendo raro el caso de triplicarse de un año para otro el valor de los terrenos y edificios y de declinar en la misma ó mayor proporción en seguida. El impuesto más equitativamente distribuído, se torna injusto y arbitrario en poco tiempo, bajo la sola presión de esas oscilaciones de los precios.

Para facilitar su tarea á los tasadores y jurados, debería llevarse en la Dirección de Impuestos un registro por secciones judiciales, en donde se anotaran circunstanciadamente las propiedades enajenadas, hipotecadas ó sometidas á particiones hereditarias; los contratos de locación de bienes raíces, enfiteusis y anticresis, que á mérito de las leyes de Diciembre de 1890 y Marzo de 1892, sólo producen fe contra terceros en el caso de que se inscriban y se haga constar el área arrendada y el precio

y condiciones del arrendamiento; y un extracto de todas las mensuras en que interviene la Dirección de Obras Públicas. Todos estos datos se llevan obligatoriamente en diversas oficinas públicas; por manera que bastaría ampliar algunos de ellos, con ayuda de pequeñas modificaciones en los reglamentos y luego sacar copias que la Dirección de Impuestos se encargaría de clasificar, para reunir vastísimos elementos de información acerca de la importancia y valor de la riqueza territorial.

A esos materiales que ya existen, aun cuando todavía no se aprovechan, convendría agregar otras dos fuentes de información. Podría exigirse, en primer lugar, á los propietarios que declararan anualmente el monto de los arrendamientos, controlando su declaración con la de los inquilinos. Es un dato de gran importancia para el avalúo de los capitales, como lo demuestra el último censo de Montevideo, levantado en 1889. El censo arrojó 20 788 casas en el solo Departamento de la Capital, de las cuales 19.257 estaban ocupadas y las demás desocupadas y en construcción. De las casas ocupadas, 12.537 pagaban 7:699 500 pesos de arrendamiento anual y 6.720 eran directamente utilizadas por sus propietarios. Suponiendo que la renta de estas últimas sea igual al promedio del alquiler que pagan las otras, resulta que los propietarios utilizan una renta de 4:127.035 pesos, que agregados á los guarismos anteriores, dan un total de 11:826.535 pesos de alquiler al año. Suponiendo luego que el valor de los edificios corresponda, término medio, á una renta de 7 % bruto al año, tendríamos que la propiedad edificada de Montevideo vale *169* millones de pesos. Esta base de capitalización es en extremo prudente, puesto que en la ciudad de Montevideo el interés de la propiedad territorial excede fuertemente del 7 % bruto. Entretanto, el valor de todos los bienes edificados y de todas las tierras sin edificar del Departamento entero de Montevideo, fueron aforados en el mismo año de 1889, para el pago de la Contribución Inmobiliaria, en *119* millones de pesos solamente.

El registro de alquileres acumulado al de ventas, permitiría tasar las propiedades sobre la doble base del valor corriente del capital y del monto de sus rendimientos. Existe una doctrina, según la cual el impuesto inmobiliario debe recaer sobre el capital, en contraposición á otra doctrina, que sostiene que debe recaer sobre la renta. Entre ambas soluciones no hay diferencias fundamentales, puesto que el nivel de los capitales se determina

siempre por la importancia de los rendimientos reales ó probables, por lo que el inmueble produce actualmente ó por lo que pueda razonablemente producir, mediante tales ó cuales mejoras en el inmueble mismo ó en las condiciones económicas del país. Salta á los ojos, sin embargo, que el avalúo tiene que ser mucho más exacto cuando se consultan ambos datos, ó sea el precio corriente de la propiedad raíz, y además la renta que ella produce.

La otra fuente de informaciones, que podría crearse, es el registro Torréns, de que ya nos ocupamos en capítulo aparte. Proporcionaría á la contribución inmobiliaria una base tan exacta como el catastro, sin los enormes gastos que demanda esta operación cuando es practicada por el Estado. El saneamiento de títulos, obliga dentro del sistema Torréns, á llevar una cuenta corriente á cada inmueble, con su plano, su área, su valor, el nombre de su propietario, de manera que en pocos minutos tendrían los tasadores y jurados abundantísimos datos para llenar su tarea con toda conciencia.

La tasación periódica de los capitales debería extenderse á la propiedad rural, sometida actualmente al régimen absurdo de los avalúos por zonas. Dentro de cada una de las circunscripciones en que el legislador ha dividido el territorio nacional, abarcando algunas de ellas más de mil leguas cuadradas, hay considerables diferencias de valor, que provienen de la calidad de los pastos, de las aguadas, de los montes, de la proximidad á los centros urbanos y vías de comunicación. ¿Cómo entonces establecer un precio uniforme por hectárea? ¿No demuestran las transacciones diarias, que en los departamentos de San José, Colonia, Flores, Florida y Soriano, en donde rige el aforo oficial de nueve pesos por hectárea, existen campos que valen 3 y 4 veces esa cantidad, mientras que otros jamás se aproximan al aforo oficial?

Un sistema tan primitivo pudo mantenerse, por su extrema simplicidad, mientras las diferencias de precio eran poco marcadas y convenía al Fisco ahorrarse trámites y debates en la recaudación del impuesto. Pero una vez que la campaña ha progresado, mediante el ensanche de las explotaciones ganaderas y agrícolas y el establecimiento de numerosas vías de comunicación y medios de transporte, cada terreno ha adquirido su valor y es ese valor el que debe tomarse como base del impuesto. Los aforos por zonas, aunque constituyen un progreso sobre los

aforos comunes á todo un territorio, representan dentro del impuesto sobre el capital, lo que el diezmo en el impuesto sobre el rendimiento.

El diezmo consiste en cobrar una parte de las cosechas, generalmente la décima parte. Mientras la agricultura no adelanta y sólo se recoge lo que la tierra quiere dar, no presenta grandes injusticias esa forma de distribución del impuesto territorial. Pero apenas se incorporan los capitales al trabajo agrícola y aumentan los gastos de explotación, se convierte en una verdadera iniquidad, desde que la ley exige la décima parte del rendimiento bruto, lo mismo al agricultor que no ha empleado más capital que las semillas, ni más instrumentos que sus brazos, que al que ha multiplicado la potencia productiva de la tierra á costa de grandes caudales y esfuerzos, que van englobados, como es natural, en las respectivas cosechas.

Expuesta ya nuestra ley de contribución inmobiliaria, vamos á recordar dos cuestiones que se prestan á interesantes debates: ¿Quién paga el impuesto territorial? ¿Conviene dividir la contribución inmobiliaria en dos impuestos independientes, uno que grave la tierra y otro que grave las construcciones?

Para resolver el primer punto, se han propuesto las soluciones más extremas y antagónicas. Una de ellas establece que el impuesto territorial hiere al dueño del inmueble en el momento del establecimiento del impuesto; que desde entonces el inmueble queda disminuído en su valor venal, como si se hubiera confiscado una parte de él, de manera que los compradores subsiguientes pagan el impuesto con el rendimiento de esa parte no incluída en el precio de compra. Supóngase un terreno de cien hectáreas y que el impuesto corresponda al producido de diez hectáreas. Cuando dicho inmueble se ofrezca en venta, el comprador hará sus cálculos sobre la base de noventa hectáreas, que es el área de que podrá aprovechar. Una segunda doctrina establece que el impuesto territorial es soportado por el consumidor de productos agrícolas, bajo forma de un aumento en los precios del trigo, del maíz, etc. Y otras dos doctrinas establecen que el impuesto grava á todos los que sucesivamente van adquiriendo la propiedad, ó á los arrendatarios.

Ninguna de estas soluciones es aceptable de una manera general. La incidencia del impuesto territorial, depende única y exclusivamente de las leyes de la oferta y de la demanda, cuyas

oscilaciones explican que el impuesto tenga ó no tenga repercusión, según los casos. En una época de completo marasmo en los negocios, en que la oferta de tierras excede á la demanda y los precios bajan, el comprador podrá descontar todo el peso de los impuestos, ocurriendo entonces lo que indica la primera doctrina. Pero apenas oscilan las leyes de la oferta y la demanda y son más los que desean comprar, que los que quieren vender, los precios suben, prescindiéndose en todo ó en parte de los impuestos que gravan la propiedad territorial. De igual manera, suponiendo que en un momento dado, la demanda de cereales y otros productos de la tierra, sea intensísima y la oferta escasa, el agricultor podrá alzar los precios y darle repercusión á los impuestos que lo graven; mientras que en otras épocas de producción abundante y de concurrencia de productos similares importados del extranjero, ocurrirá una baja en los precios y tendrá el agricultor, so pena de no vender nada, que cargar él mismo con los impuestos. Por fin, según las leyes de la oferta y de la demanda también, en algunos casos, estará en manos del propietario alzar los arrendamientos y descargar el impuesto sobre el arrendatario, en tanto que en otras circunstancias, en que haya poca demanda de tierras, no tendrá más remedio que pagar el impuesto de su propio peculio.

Teniéndose en cuenta la incidencia, se ha propuesto dividir la Contribución Inmobiliaria, en dos impuestos distintos: el impuesto sobre la tierra y el impuesto sobre las construcciones. La Comisión de Hacienda de la Cámara de Diputados, en su informe de 1887, apuntó esa reforma como absolutamente indispensable. Mr. Le Roy-Beaulieu la conceptúa también necesaria en su importante "Tratado de la Ciencia Financiera", fundándose en que el impuesto que grava las propiedades agrícolas, pesa íntegramente sobre el propietario, quien carece en general de los medios indispensables para hacerlo repercutir sobre el consumidor y sobre el arrendatario. No puede descargarlo sobre el arrendatario, porque si los beneficios de éste descienden abajo del nivel de los beneficios habituales en el país, el número de arrendatarios disminuiría luego. No puede descargarlo sobre el consumidor, porque el precio de los productos de la tierra depende de la oferta y la demanda y sólo alteraría esa ley un impuesto elevadísimo, que redujera la extensión de los cultivos. Entretanto, la incidencia del impuesto sobre las construcciones, está regida por las leyes de la

oferta y de la demanda. Así en una ciudad que progresa y se ensancha, el impuesto recae sobre los inquilinos, mientras que en una población estacionaria, en que no haya necesidad de nuevos edificios, el propietario tendrá que soportar el impuesto. Si se desea, concluye Le Roy-Beaulieu, una regla aproximativa, aplicable á la mayor parte de los casos, puede decirse que la tendencia general del impuesto sobre los edificios y construcciones, es á gravar á los locatarios.

En materia económica, es arriesgado formular reglas aplicables á todos los países. En los países europeos, que ya tienen su territorio fraccionado y explotado, podrá ser muy cierto, que el impuesto sobre la tierra grave ordinariamente al propietario, mientras que el impuesto sobre las construcciones tiende á gravar comunmente al inquilino. Pero en países nuevos, como el nuestro, que tienen un territorio poco dividido y menos poblado, ocurre que la incidencia de ambas formas del impuesto, se halla regida siempre por las leyes de la oferta y de la demanda.

Durante estos últimos años de prosperidad, que se extienden de 1887 á 1890, el precio de la propiedad raíz en general, se duplicó y hasta triplicó en muchos casos. Al mismo tiempo que en la ciudad crecía la demanda de casas, en la campaña crecía la demanda de tierras, unas para destinarse á colonización, otras para servir de base á especulaciones atrevidas, que descontaban los progresos futuros del país. El hecho es que el propietario de un bien raíz, fuera edificio, fuera campo, podía imponer la ley y la imponía, alzando el precio de la propiedad en caso de venta ó el nivel del alquiler en caso de arrendamiento. Apenas cabe señalar, como excepción, la propiedad edificada de nuestros pueblos de campaña, en donde la población no se concentra y el número de edificios excede generalmente á la demanda.

Pero estalló la crisis en 1890, iniciándose el período de liquidación y de marasmo en los negocios, que todavía persiste; y desde entonces, el propietario, sea de la naturaleza que fuere, se ha encontrado y se encuentra en la absoluta imposibilidad de darle repercusión al impuesto. La población ha reducido sus gastos, todas las empresas que se constituyeron para explotar la campaña han sufrido rudos golpes y no prosiguen sus tareas, sino en lo estrictamente necesario para no liquidar; y como efecto de todo ello, el valor de la propiedad y el precio de los arrendamientos, han declinado, con la misma ó mayor fuerza con que antes habían subido.

Todo lo que puede concederse, es que la demanda de propiedades es más activa en la ciudad de Montevideo, que en campaña, y que en los períodos prósperos, cuando la inmigración afluye y el bienestar se extiende, es la propiedad edificada, la que desde luego aprovecha los aumentos de precio y alquileres. Dada esa circunstancia, convendría dividir la Contribución Inmobiliaria en dos impuestos: uno más alto para la propiedad ubicada en la ciudad de Montevideo, teniéndose en cuenta la más fácil incidencia del impuesto; y otro más bajo para la campaña y pueblos del interior. Y al hablar de la ciudad de Montevideo, no decimos intencionalmente, la propiedad edificada, sino toda la propiedad urbana, porque sería injusto favorecer al dueño de un terreno sin edificar, que aprovecha de la valorización que estimulan los progresos sociales y castigar con una cuota mayor á los capitalistas emprendedores que ensanchan la ciudad con sus edificios.

# Páginas sueltas de Economía Política

## CONFERENCIA INAUGURAL DEL CURSO DE PRIMER AÑO

POR EL DOCTOR CARLOS M. DE PENA

SUMARIO: — Indicaciones sobre el plan del curso anual. Los predecesores en la Cátedra: doctores Castro, López, Martínez y Bustamente; el doctor Lavandeira, su plan de enseñanza, utilidad de los trabajos de Vaillant y Villalba. Al empezar el curso en 1876; el doctor Martín Aguirre. Continuación del plan. Trabajos del profesor Eduardo Acevedo; comunidad de ideas fundamentales.

### I

Señores estudiantes:

Desde que soy profesor de estos cursos de economía y finanzas, jamás empiezo la tarea sin dirigir á los compañeros de estudio algunas palabras de aliento y sin presentarles en breves rasgos algunos de los tópicos principales que han de solicitar especialmente nuestra atención durante el año reglamentario.

Sin desatender las exigencias de la enseñanza científica, de suyo generalizadora, nos detenemos siempre en aquellas materias de mayor utilidad y aplicación en la actualidad de nuestro país. Hay más: preferimos estudiar la ciencia en los hechos que nos rodean, en el medio en que vivimos, en las deficientes monografías que la prensa y la estadística nacionales suministran, antes que ir á buscar en los manuales extranjeros ó en los libros y estadísticas de otros pueblos el caudal de hechos que sirven como demostración, como

materia prima, ó como substancia de la ciencia misma. Con ese material por delante hacemos realmente *vivisección;* tocamos la carne viva, analizamos el mismo tejido que nos envuelve y de que se forma la sociedad en que actuamos.

Es viejo ya en nuestra Universidad este plan de enseñanza de la ciencia económica.

No disminuiremos en lo más mínimo el mérito indiscutible de nuestro ilustrado compatriota el doctor don Carlos de Castro, á quien después de 16 años de alejamiento de la patria y luego de su regreso de Europa, donde adquirió vasta preparación, correspondióle el honor de inaugurar el primero en Marzo de 1861 la enseñanza de la Ciencia en este recinto y de ser también el primero en la publicación de un texto sistemático de la materia, que sigue de cerca á los mejores maestros italianos y franceses de la época, recomendando el autor en su bibliografía la obra de Boccardo. No olvidemos las claridades intensas de aquel nuevo horizonte abierto al espíritu de la juventud por el ilustre y erudito argentino doctor don Vicente F. López, ajustando su enseñanza en esta Cátedra á las innovadoras doctrinas de Macleod, que pretendía concurrir en primera línea al nacimiento de una nueva economía política, teniendo por base el comercio, elevada por la observación directa y la inducción lógica al rango de las ciencias exactas y aplicando en la investigación procedimientos y leyes de la física y de otras ciencias naturales. Vino en seguida y por corto tiempo también, la enseñanza de aquel talento brillante de Bonifacio Martínez, tan tristemente malogrado y que dejó en el aula algo así como una impresión vaga y fosforescente, calcando sus lecciones sobre el *Tratado* de Garnier, que en sus primeras ediciones era más que todo un substratum de la Ciencia, alambicada por las definiciones. No desconocemos la reacción que se produjo al introducir en la enseñanza el doctor don Pedro Bustamante, en armonía con sus principios liberales, con su acerado temperamento de crítico y su inflexible criterio de moralista, el *Manual* de Baudrillart, consagrado principalmente á doctrinar con cierta severidad dialéctica; á señalar relaciones estrictas de Economía y Ética, á establecer *á priori* conclusiones sintéticas, en claro, conciso y elegantísimo lenguaje expuestas. No hay por qué amenguar en lo más mínimo las cualidades sobresalientes de estos maestros y profesores, para recordar como una gloria universitaria al que rindió su vida en la plaza pública, defendiendo la causa de las instituciones en el día de los comicios, —

al profesor Lavandeira, — de quien puede decirse, como Blanqui del padre de la Ciencia: que improvisaba sus lecciones con cierta lentitud y sin elegancia, pero á quien se escuchaba siempre con avidez, porque supo mostrarse profesor concienzudo, original, claro y profundo. Su envidiable talento, enriquecido en tierra argentina con el caudal que adquiriera de maestros ilustres, le predisponía para iniciar un nuevo plan de enseñanza de la Economía Política, tomando en muchos puntos por modelo á Carey y Peshine Smith. Para darse cuenta de las diferencias basta la comparación de su programa con el del profesor que le precediera.

Interesaba siempre la atención de sus discípulos en la exposición minuciosa de los elementos económicos y financieros del país, obligándonos (pues tuve el honor de recibir sus lecciones) á seguirle en sus investigaciones inductivas, fundadas sobre la estadística comparada de las naciones, sobre observaciones directas y aplicaciones de ciencias naturales y sobre datos acerca de la economía nacional, suministrados por el estadígrafo Vaillant en sus interesantes obras, y por nuestro estadista Villalba en los luminosos informes con que acompañaba los *Estados de la Contaduría de la Nación.*

Aquella enseñanza de Lavandeira en la Cátedra obligaba á seguir paso á paso el movimiento económico y financiero del país, y más de una vez, por un contraste característico de ciertos espíritus superiores, la prosa numérica y fatigante del profesor que improvisaba en la Cátedra con dificultad, sirvió de tema atrayente al que se convertía en la prensa en escritor humorista y brillante.

Cuando tocóme, en 1876, reemplazar el talento sobrio y penetrante del doctor Martín Aguirre que sucedió á Lavandeira, no hice más que reanudar la enseñanza del maestro en esta Cátedra; seguir como mejor pude sus altas inspiraciones, "comenzando por arrojar una mirada sobre la condición social de nuestro país, sobre la constitución de la tierra y de la sociedad llamadas á ejecutar el propósito político que nos llevó á la independencia, que nos impulsó á los sangrientos combates de la guerra civil y que nos impulsa ahora (decía en aquel momento) á nuevos combates, que es de esperarse serán menos cruentos y más fecundos que los anteriores, si es que aprovechan partidos y gobiernos las dolorosas enseñanzas de la historia patria."

Al empezar decía: "Sucesivamente iremos analizando en esta Cátedra, con todos sus pormenores, nuestro movimiento industrial en relación con el estado moral y político de nuestras poblaciones,

y nuestra reorganización financiera en armonía con aquellos fenómenos."

Causas políticas me obligaron á dejar la cátedra por algún tiempo, y fué ésta desempeñada por mis ilustrados y distinguidos colegas los doctores José R. Mendoza, Arturo Terra y L. Mendoza y Durán, quienes prosiguieron la misma huella trazada por Lavandeira.

Volví nuevamente al profesorado en la Universidad; propendí á que la asignatura se dividiera en dos clases de curso bianual, enseñándose así en un orden lógico, como también lo deseaba el señor Rector, y en vez de un solo profesor hubo dos, prestando desde entonces como profesor de una de las clases mi concurso gratuito en homenaje á la Universidad, nuestra *alma mater.*

De cómo se ha cumplido y se cumple la tarea, no me incumbe dar testimonio; pero pueden darlo los discípulos, maestros hoy á su vez, ascendidos casi todos ellos por sus méritos propios á puestos culminantes en el parlamento, en la política, en la prensa, en la magistratura y en la administración. Me limito á dar por bien ganado mi jornal con la certidumbre adquirida de que la simiente ha sido arrojada en tierra fecunda.

Al mismo plan de enseñanza iniciado por Lavandeira, han respondido los nutridos é interesantes estudios de mi distinguido amigo y colega de profesorado el doctor Eduardo Acevedo, quien al exponer en los ANALES DE LA UNIVERSIDAD con la precisión y claridad de criterio que le distinguen los cuadros del comercio exterior, ha presentado las fuentes principales de nuestra producción, comparando su intensidad por quinquenios en un período de quince años, de 1875 á 1890, y ha confirmado una vez más con hechos irrefutables los progresos del trabajo nacional en esferas diversas y principalmente bajo el amparo de la protección industrial iniciada en 1875, á favor de un voto de confianza en medio de aquella noche de borrascas, por uno de nuestros más célebres estadistas, el doctor don Andrés Lamas; continuada más tarde la reforma desde el Parlamento por su hijo Domingo Lamas, á cuyo original talento se debe sin disputa, la interesante reforma de nuestro régimen arancelario convirtiendo los derechos *ad-valorem* en derechos específicos, con lo que se hacía eficaz la protección y se libraba al Tesoro de incertidumbres en el rendimiento de la renta aduanera.

Al estudiar los guarismos de la exportación y la importación, ha

estudiado el doctor Acevedo analíticamente la producción nacional en sus manifestaciones primordiales; ha completado su estudio con una investigación prolija acerca de la balanza de los cambios y de nuestras crisis más memorables y recientes. El comercio y los tratados con el Brasil, que tanto nos interesan en la actualidad como nos afectaron en lo pasado bajo la faz económica y bajo la faz de la política internacional, han sido objeto de extensas y severas consideraciones, no siempre por nosotros compartidas.

Era imposible ocuparse de todas esas materias sin relacionarlas con el desenvolvimiento del crédito público; con los diferentes sistemas y alternativas, felices ó críticas, por que ha pasado, principalmente en los últimos años, nuestra Deuda pública, —que pasa ya de cien millones....

El doctor Acevedo ha prestado un importantísimo servicio á la juventud estudiosa, reuniendo con una laboriosidad encomiable materiales dispersos ó casi olvidados y analizándolos con elevado criterio. Por más que se pueda divergir, y nosotros disentimos con el autor en algunos puntos y apreciaciones, — esos trabajos no quedarán limitados al recinto del aula: servirán de consulta al estadista, porque no sólo condensan la historia del pasado, sino que ofrecen enseñanzas saludables y trazan un derrotero científico, de que tanto ha menester la política económica en nuestros días.

## II

SUMARIO: — El lirismo en Economía Política; opinión del profesor Thorold Rogers; el concurso de la historia en los estudios económicos. El ejemplo de los grandes maestros acerca del plan de investigación; la obra del fundador de la Ciencia; importancia de las *Digresiones* de Adam Smith.

Hay un poco de exageración en decir, como el gran paladín de la escuela histórica inglesa, que la Economía Política, como ciencia, anda bastante desacreditada por todas partes, debido á su desprecio tradicional por los hechos y su inclinación inmoderada á las definiciones.

La enseñanza que hacemos en esta Universidad, en comunidad de ideas fundamentales con el doctor Acevedo, trata de evitar esos

dos escollos que conducen á la declamación dogmática é insustancial; á la ignorancia de lo que es y lo que vale nuestro país; al *lirismo* ó al radicalismo más estéril é insoportable en la política y en la vida administrativa de la Nación.

A los problemas sociales, económicos y políticos de nuestros días no se responde ya, como lo dice muy bien Thorold Rogers, con las generalidades clásicas sobre la ley de la oferta y la demanda, ni con el cuadro pindárico de los beneficios de la concurrencia ilimitada, ni con un sermón tocante y moralizador acerca de los efectos de la ley de Malthus; ni con las tétricas conclusiones del pesimista Ricardo acerca de la ley de la Renta; ni con las fantasmagorías de Law sobre el crédito, ni con el régimen desatentado del inflacionismo del papel moneda, ni con el espartano sistema del metalismo puro, ó del orismo exclusivo; ni con ninguna de las exageraciones más ó menos sinceras, más ó menos perniciosas que se han cubierto con el manto de la ciencia y que no son ni fueron otra cosa que recetas insustanciales y estériles por la misma vaguedad de sus fórmulas; expedientes desesperados, ó soluciones anodinas, ó remedios heroicos que concluyen con la enfermedad, con el enfermo.... y con el médico.

Para evitar estos escollos y otros semejantes no menos funestos, comencemos por reconocer lo que es innegable y aparece de relieve á nuestros ojos á poco que penetremos más allá de la superficialidad corriente de las cosas.

" Los problemas que atormentan á la sociedad, en su mayor parte no tienen por origen una causa presente; vienen de atrás, por ignorancia, por arraigo de intereses ilegítimos, por imprevisión, por imposición de ley, por hábito inveterado, por pasiones enconadas, por concupiscencia, por burocratismo relajado, por sanción inevitable de principios violados; por tan múltiples causas como emanan de la variedad misma de los motivos humanos: tienen principalmente origen histórico.

De donde resulta: que para desterrar de nuestra enseñanza el lirismo declamador; para desembrollar de entre este revuelto hacinamiento de hechos, las leyes económicas y los principios generales que les rigen, á pesar de la aparente irregularidad y antítesis con que los fenómenos se ofrecen á nuestra simple vista; y para buscar en seguida la aplicación de aquellos principios y leyes en conclusiones prácticas de aplicación local, estamos

obligados á un estudio paciente, escrupuloso y tranquilo de los hechos que se ofrecen á nuestras miradas, á razonar con amplitud de criterio y despreocupación de espíritu sus causas de existencia, buscando por último la filiación de esas causas en la fuente de todo móvil y de toda actividad: en el hombre mismo y en la colectividad de que es inseparable, tales como los han hecho la naturaleza y la historia.

Al proceder así no hacemos otra cosa que emplear un método racional y seguir el ejemplo de los grandes maestros, un tanto olvidados hoy en medio de la anarquía y de la labor diversa de las escuelas científicas y en medio de la vocinglería política que oscurece y tuerce el debate de los asuntos económicos en provecho de círculos burocráticos ó de intereses mezquinos de gremios y sindicatos.

Sean cuales fueren los defectos de que adolece la obra del fundador de la Ciencia económica, y son varios, lo que más ha resistido á la acción demoledora del tiempo y de la crítica en su trabajo monumental, es precisamente la parte expositiva, los análisis minuciosos, que sirven de base á sus inducciones casi siempre exactas; y cuando éstas han flaqueado se reconoce al momento la deficiencia ó la imperfección de las observaciones primordiales de que la Ciencia arranca. Lo que uno de sus biógrafos le atribuye como defecto, el interrumpir á menudo con extensas digresiones la exposición de la Ciencia, es, en mi humilde opinión, un mérito raro, según la época y la altura á que habían podido llegar los conocimientos. Esas *digresiones,* que son notables monografías críticas sobre las variaciones de los metales preciosos durante los últimos cuatro siglos; sobre los bancos de circulación y el papel moneda; sobre los bancos de depósito; sobre los tratados de comercio, la importación del oro y el derecho de señoreaje en la fabricación de las monedas, y la notable monografía sobre el comercio de cereales y leyes relativas, intitulada *Digresión* por el mismo Adam Smith; — todo esto que era entonces de indiscutible interés, de gran importancia, comprende problemas que son aún los temas más ardientes de nuestros días, por más cambiadas que estén las condiciones sociales, la legislación, las influencias de medio, las miras políticas y la táctica parlamentaria de gobiernos y partidos.

## III

SUMARIO: — Impresiones personales. Después de un siglo. Mención de las regiones del Plata en la obra de Adam Smith; transcripción y resumen de algunas apreciaciones sobre agricultura y ganadería, que coinciden en nuestros días con las del profesor Roscher; economía rural.

Si estimáis que algo valen mis impresiones personales al repasar esta obra monumental, me permitiréis que me detenga en algunos pasajes que, después de un siglo, tienen la frescura de los hechos presentes y dan idea del método de investigación del fundador de la ciencia. Hay en ellos, por otra parte, una visión clara del proceso evolutivo de la agricultura en estas regiones del Plata, mencionadas en su obra, y aunque no fuera más que por la novedad que la cita tiene para vosotros, y con el propósito de despertar el deseo de leer algunas páginas del maestro, haré á mi vez una pequeña digresión y transcribiré y resumiré algunas de sus reflexiones acerca de ramos especiales de la producción agrícola que interesan á nuestro país.

Después de haber demostrado cuánto influyen las vías de comunicación en el aumento y mejora de los cultivos, analiza la importancia de ciertas producciones, como la del trigo y la de carne de carnicería. El valor de estos dos productos alimenticios difiere mucho según los períodos diversos de la agricultura, é influencia, por consiguiente, el provecho del cultivador, la renta del propietario y la transformación del país por el arte agrícola. "En los primeros tiempos las tierras inhabitadas é incultas que forman la mayor parte del país están todas entregadas al ganado. Hay más carne que pan, y por consiguiente el pan es el alimento que atrae mayor concurrencia, y en razón de ésto se vende á más alto precio. Ulloa refiere que en Buenos Aires, hace 40 ó 50 años, el precio común de un novillo, elegido en una tropa de 2 á 300 animales, era de 4 reales, equivalentes á 21 1/2 d. (peniques). Nada dice del precio del pan porque no encontró en ello nada de notable. Un novillo, dice, cuesta apenas el trabajo de cogerlo. Pero en parte alguna crece el trigo sin una gran cantidad de trabajo; y en un país situado en las riberas del Plata, que era entonces el camino directo de Europa hacia las minas de plata

de Potosí, el precio pecuniario del trabajo no debía ser muy barato que digamos. Las cosas pasan de otro modo cuando el cultivo se ha extendido á una mayor parte del país; hay entonces más pan que carne. La concurrencia toma otra dirección y es el precio de la carne el que supera al del pan [1].

Si el cultivo se extiende, las tierras incultas resultan insuficientes para atender á la demanda de carne. Una gran parte de las tierras cultivadas es necesariamente empleada en criar y engordar el ganado, cuyo precio debe bastar, por consiguiente, para pagar no sólo el trabajo de manutención y cuidado, sino los beneficios y las rentas que esas tierras hubieran dado si hubiesen sido dedicadas á la labranza por el arrendatario ó el propietario....

En la mayor parte de los países de gran extensión, una parte importante de las tierras se emplea en producir alimentos para los hombres ó para los animales. La renta y el provecho de estas tierras determinan las rentas y provechos de las demás tierras cultivadas.

A estas conclusiones llegaba Smith después de observaciones prolijas sobre fenómenos que tenía á su alcance. A esas mismas conclusiones ha llegado en nuestros tiempos el eminente Roscher en su *Economía rural*, siguiendo el mismo procedimiento experimental de Adam Smith.

Cuando la agricultura es extensiva, la cría del ganado tiende á ser el ramo más productivo y más remunerador, y el número de animales aumenta relativamente á la cifra de la población.

Con el progreso en el cultivo, el trigo, menos fácil de transportar y correspondiente á necesidades más urgentes, ocupa el primer lugar; el uso de la carne disminuye relativamente y entran en cultivo los prados ganaderos. Éste es el período intermedio. Pero cuando el cultivo llega á un grado más elevado, la leche, la carne, la manteca, el queso, etc., vuelven á adquirir la mayor importancia en la producción rural, y resulta entonces que un quintal de heno de un prado de calidad superior bien abonado y regado puede alimentar tantos animales como tres quintales provenientes de un prado de calidad inferior. Humboldt, Darwin, Liebig y Wagner han hecho notar, cada uno por motivos científicos distintos, que la producción de la leche, como cantidad y calidad, aumenta á medida que la civilización se desarrolla. Es escasísima en las vacas salvajes, por mil circunstancias y dificultades; es abundante en un ejemplar holandés, suizo ó inglés. Es por el

predominio en la venta de leche fresca que la mejora de los ganados llega á su apogeo, dice Roscher; y lo estamos viendo ya en nuestro país.

Es por el perfeccionamiento y la economía de los transportes y por los métodos de conservación, que la industria lechera puede adelantar notablemente en una región de cultivos extensivos. Cuando se tienen prados fértiles, la compra de ganados flacos para engordarlos es buen negocio, porque el precio de los forrajes y la proximidad del mercado deciden del beneficio, como muy bien lo saben nuestros invernadores; y ha de tenerse presente que para hacer de un ternero un buey de tiro, se necesita tres veces más forraje que para engordar tres bueyes flacos. La mejora de las razas de mayor poder y resistencia se operará, pues, con cierta lentitud si los forrajes no se desarrollan paralelamente.

Tratando de los cultivos que más rinden, pregona Smith, con Columela, que el de la vid es de los más ventajosos, por más que las empresas nuevas resulten siempre sujetas á grandes errores. Y como el cultivo de la vid es de los más estimulantes, no lo hay mejor para extender el cultivo del trigo. Hace notar que la vid es, de los frutales, el que más sufre la influencia del terreno y explica las ventajas que pueden sacarse de ciertas especialidades de viñedos. Entra en apreciaciones semejantes de economía rural acerca del cultivo de la caña de azúcar, del tabaco, del arroz, de las patatas, de la avena. Hace notar la importancia de la producción vegetal y animal destinada inmediatamente á la alimentación del hombre, y demuestra que el aumento de esa producción es el incentivo más poderoso para la actividad del trabajo y el crecimiento de la población.

## IV

SUMARIO:—La verdadera gloria de Adam Smith; juicio de Blanqui. Trascendencia de la obra de Smith: aplicación del principio de la división del trabajo en la formación de las tablas logarítmicas; aplicación en la biología. Semejanza del plan de exposición de Smith con el de los científicos modernos de la escuela evolucionista. Lo conjetural y dogmático en la Ciencia; superioridad de Smith en la observación y en el análisis. El éxito inmenso de su obra; marca una época en la historia de la civilización: un libro escrito en diez años; rasgos biográficos de Adam Smith. El título de su obra es una definición de la Ciencia.

La verdadera gloria de Smith, dice Blanqui, es haber rehabilitado la potencia creadora del trabajo, haber descubierto gran número de hechos económicos, haber analizado los más esenciales de una manera admirable. Se sospechaban apenas, antes de él, las leyes que presiden al desarrollo social de los pueblos; sólo se tenía un conocimiento imperfecto y empírico de los elementos de su prosperidad. La riqueza se ignoraba á sí misma como la pobreza. Los buenos gobiernos obraban al acaso, guiados tan sólo por la honradez de sus intenciones, que no siempre les apartaba del mal camino. La ciencia de las finanzas y del comercio, los procedimientos económicos de la industria, las bases fundamentales del desarrollo agrícola apenas habían sido bosquejadas antes de él. Adam Smith ha explicado primero que todos, cómo la vida circula en estos grandes cuerpos que llamamos naciones; ha expuesto las causas de su progreso y de su decadencia, con una superioridad desconocida en los más hábiles historiadores, y nosotros agregamos que si se necesitara una prueba de la trascendencia inmediata de la obra de Smith en aquellos dominios del pensamiento, que parecen á primera vista más ajenos á la naturaleza de la investigación económica, recordaríamos con Babbage el hallazgo de Mr. de Prony, el insigne matemático, comprometido oficialmente á una tarea que á poco le pareció imposible: la de componer para la división centesimal del círculo tablas logarítmicas y trigonométricas de completa exactitud. No le hubiese bastado la vida, ni saliera airoso de su empeño si no encontrara en el escaparate de un librero londonense el libro de Smith y acertara á abrirle precisamente en el capítulo que pone de relieve las maravillas que opera

la división del trabajo. Ocurrióle luego, para dar cima á su empresa, *poner los logaritmos en manufactura;* organizó *talleres de cálculo* y asoció á su gran propósito los más notables geómetras de la Francia. La división del trabajo operó el milagro de la rápida preparación de las tablas logarítmicas, y unos 17 volúmenes in-folio fueron llenados de cálculos en breve tiempo. Después de ésto, el milagro se repite todos los días en las obras más gigantescas como en las tareas más humildes de la vida.

Pero el descubrimiento de la ley de la división del trabajo por Adam Smith, ha sido aún más trascendente en la esfera de la biología. Un medio siglo después de publicada la obra, comienzan á insinuarse algunas aplicaciones de la gran ley descubierta, y va también para medio siglo que el naturalista Milne Edwards, para explicar el desarrollo de los animales, aplicó en la economía vital, el principio de la *división fisiológica del trabajo,* descubierta antes por Adam Smith como ley de los organismos en la economía social.

Compara uno el plan de Smith en la riqueza de las naciones, con el de la exposición en las obras de los científicos modernos de la escuela evolucionista, y queda asombrado de las semejanzas en el método para la investigación de los principios y las leyes económicas.

Este pensador huye de lo conjetural y dogmático, de las afirmaciones *á priori;* "habla, como dice uno de sus biógrafos, de las cosas que ha profundizado, de las ciudades que ha visto, de las fábricas que ha visitado, de los hechos que ha verificado." —*Science is matter of acts.*

Por eso fué que el fundador de la Ciencia, dotado de un poder incomparable de análisis, á la vez que de un envidiable talento generalizador, empezando casi siempre por la exposición de los hechos, alcanzó el mayor acierto en la investigación de la naturaleza y de las causas de la riqueza de las naciones. No que investigara sin incurrir en las falibilidades inherentes al más sólido criterio humano; no que abarcara la Ciencia en todos los desarrollos vastísimos que ha alcanzado en la mitad de la centuria que concluye. Pero sí afirmamos, que, á pesar de no haber conocido ni podido vislumbrar las maravillosas transformaciones operadas en la organización económica de los pueblos por las aplicaciones de las ciencias naturales, ha sabido interpretar como pocos y revelarnos con precisión gran parte de las leyes fundamentales del progreso y de la decadencia de las naciones.

El éxito inmenso de su obra se debe principalmente á que supo hermanar las consideraciones teóricas y los conceptos abstractos á que necesariamente recurre la ciencia para formar un cuerpo de doctrina general, — con las consideraciones prácticas y la apreciación de los hechos corrientes, al través de los principios descubiertos.

Sean cuales fueren los fanatismos y las supersticiones que ese libro suscitó, no hay mucho de exagerado en repetir, — como dice Courcelle Seneuil, — "que ese libro marca una época en la historia de la civilización."

¿De cuál libro en la bibliografía económica moderna puede decirse otro tanto?

Es inútil que se nos diga, por un lado, que eclipsó á todos sus predecesores; que arrojó una luz inmensa en el campo oscuro y confuso de la economía de los pueblos; que fué *el padre de la Economía Política,* á la que dió nombre; y se nos diga todavía por otro lado, y nada más que por rivalidades de escuela un poco arcaicas, que su obra ha sido un obstáculo á la enseñanza de la Ciencia, cuyos progresos tanto apresuró.

¡No! Ha pasado con la obra de Smith lo que con todas las de los grandes maestros en cualquier género de conocimientos. Son los adeptos fervorosos, los discípulos entusiastas los que exageran la doctrina y mezclan sus pasiones y sus intereses de sectarios hasta desvirtuarla y corromperla.

En diez años de silencioso retiro (1766 á 1776) medita Adam Smith y escribe su libro que publica recién á los 53 años de edad. No había pasado de modesto profesor de retórica en Edimburgo, de distinguido profesor de lógica y filosofía moral en Glasgow, y sólo había atraído fuertemente sobre él la atención pública y de la Corte al publicar su *Teoría de los sentimientos morales* (1759).

Esto es todo; tal es su biografía, que no puede ser más corta. "En medio de una vida plácida, sin pasiones, ni aventuras, ni fortuna, ni herederos, ha dejado este hombre un surco profundo en la historia del género humano, gracias á la actividad fecunda y bienhechora de su pensamiento."

Ha tenido la gran sinceridad, la inconsciencia de los sabios como reveladores ingenuos de la naturaleza. No se propuso escribir atenido á los preceptos rigurosos de la didáctica, ni para hacer una obra técnica que redujera la Economía Política á unos cuantos conceptos abstractos, á unas cuantas definiciones alambicadas, ó

á media docena de recetas generales. Cuando quería ser dogmático; cuando intentaba reducir á una sola fórmula las verdades adquiridas buscando una definición de la Ciencia, escollaba, á pesar de toda su lógica; — sin advertir de que todo estaba dicho con el título de su obra: *An inquiry in to the nature and causes of the wealth of Nations (Investigación acerca de la naturaleza y las causas de la riqueza de las Naciones.)*

El título, como toda la obra, encierra un plan de estudios que no se confunde con ningún otro por su propia especialidad; da una idea suficientemente clara del mismo; indica la necesidad de observar la riqueza como fenómeno y de determinarla como concepto, y obliga á remontar del fenómeno á la ley, de los hechos á las causas.

Contiene algo más, que es trascendental y que abre desde luego inmensos horizontes á la Ciencia. Esta no comprende individuos aislados, parcialidades, corporaciones, gremios; abraza desde entonces en toda su amplitud la vida de las naciones: el universo económico en toda su palpitante realidad.

# Documentos Oficiales

## Reforma del artículo 92 del Reglamento de Enseñanza Secundaria y Superior

Excmo. señor Ministro de Fomento don Juan A. Capurro.

Montevideo, Marzo 21 de 1893.

Señor Ministro:

La práctica ha demostrado la necesidad de modificar la redacción del artículo 92 del Reglamento General de Enseñanza Secundaria y Superior. Previene el expresado artículo que quince días antes de la colación pública de grados, se citará por la Secretaría á todos los que se hallen en estado de recibir algún grado ó título, á objeto de formar las listas respectivas, bajo apercibimiento de cancelación de las matrículas del año á los que desobedecieren el llamado.

Sucede que en presencia de la disposición referida sólo puede penarse á los estudiantes reglamentados que incurren en la falta de no presentación, escapando de toda sanción los estudiantes libres, no comprendidos en la letra del mencionado artículo 92.

El resultado inmediato del vacío notado en su redacción es que algunos alumnos que cursan libremente las asignaturas de Derecho se resisten á recibir el grado de Bachiller, observando que están fuera de su alcance, con detrimento de la disciplina universitaria y de la renta reservada por la ley á la Institución que represento.

En este estado, preocupado el Consejo de Enseñanza Secundaria y Superior de poner fin á un orden de cosas que considera

irregular, me ha encargado dirigirme á V. E. proponiendo á su aprobación una nueva redacción del artículo 92, en la forma siguiente:

“ *Quince días antes de la colación, la Secretaría citará por avisos á todos los que se hallen en estado de recibir algún grado ó título, para que se presenten á abonar la cuota prevenida por la Ley é inscribirse en la lista de graduandos, bajo apercibimiento de pérdida de matrícula y de no poder prestar examen libre ó reglamentado, tratándose de Bachilleres, y de postergación de la colación por un año en los otros casos.*

Si V. E., como lo espero, se digna prestar su superior aprobación gubernativa á la reforma proyectada, será entendido, que la disposición del artículo reformado no regirá respecto de las colaciones públicas pasadas, pero los estudiantes que hayan dejado de concurrir á ellas, tendrán la obligación de presentarse á recibir sus grados en colación privada, dentro del plazo de dos meses á contar desde la fecha de la aprobación de V. E., bajo la pena establecida en la enunciada disposición.

Saludo á V. E. atentamente.

ALFREDO VÁSQUEZ ACEVEDO.

*Enrique Azarola,*
Secretario.

---

Ministerio de Fomento.

Montevideo, Abril 24 de 1893.

Sr. Rector de la Universidad, Dr. D. A. Vásquez Acevedo.

Comunico á V. S., á sus efectos, que el Gobierno, de acuerdo con la vista del señor Fiscal, ha resuelto acceder á la reforma del artículo 92 del Reglamento Universitario en la forma indicada por V. S. en su nota de fecha 21 de Marzo ppdo.

Dios guarde á V. S.

J. A. CAPURRO.

---

## Donación del doctor Palomeque

Montevideo, Abril 28 de 1893.

Sr. Rector de la Universidad, Dr. D. A. Vásquez Acevedo.

Señor:

Ha días comuniqué verbalmente al señor Decano de la Facultad de Derecho, doctor don Eduardo Brito del Pino, que había resuelto donar á esa institución los honorarios devengados en una consulta que me había sido hecha por la Empresa del Gas.

Esos honorarios se me han entregado recién hoy, y cumplo con el muy grato deber de remitirlos á usted, permitiéndome, desde luego, indicar el destino que desearía se les diera, bajo su ilustre patrocinio, y en un acto público y solemne, si fuera posible.

Desearía que esa suma fuera entregada al estudiante que presentara un mejor trabajo sobre el lustro histórico de 1825 á 1830.

Quedaría sumamente reconocido al señor Rector si me honrara con la aceptación de mi pobre donación, destinada á premiar la inteligencia de la juventud que escudriña las causas de nuestras *primeras ideas nacionales.*

Saludo al señor Rector con la consideración debida.

*Alberto Palomeque.*

---

Montevideo, Abril 29 de 1893.

Sr. Dr. D. Alberto Palomeque.

Señor:

He tenido el honor de recibir su atenta comunicación fecha 28 del corriente, participándome que de acuerdo con lo que usted había expresado verbalmente al señor Decano de la Facultad de

Derecho y Ciencias Sociales, doctor don Eduardo Brito del Pino, me enviaba la cantidad de doscientos cincuenta pesos, que por razón de honorarios profesionales ha percibido usted últimamente, con el objeto de destinarla á remunerar con ella, en acto público y solemne, al estudiante que presente el trabajo más acabado sobre el lustro histórico nacional que comienza en 1825 y termina en 1830.

En contestación me es grato llevar á su conocimiento, que valorando los elevados móviles patrióticos que inducen á usted á hacer donación de la suma referida, para el fin tenido en vista, acepto desde luego, en nombre de la juventud estudiosa, el noble pensamiento que la condensa, al mismo tiempo que anticipo á usted que oportunamente me será satisfactorio cambiar con usted algunas ideas sobre la época y forma en que deberá verificarse el certamen correspondiente al discernimiento del premio tan generosamente ofrecido.

Saludo á usted con toda consideración.

ALFREDO VÁSQUEZ ACEVEDO.

*Enrique Azarola,*
Secretario.

---

## Reglamentación de las elecciones á que hacen referencia el artículo 13 de la Ley de 25 de Noviembre de 1889 y el 30, inciso 3.°, de la Ley de 14 de Julio de 1885.

El Consejo de Enseñanza Secundaria y Superior, en uso de la facultad que le confiere el artículo 34, inciso 15, de la Ley de 14 de Julio de 1885, ha dictado en sesión de fecha 5 de Mayo el siguiente decreto:

Artículo 1.° Se procederá á la elección de la terna que debe presentarse al Superior Gobierno, para el nombramiento de Rector, con las siguientes formalidades:

1.° Previo llamado por la prensa, durante el término de quince días, á los que tienen derecho á tomar parte en aquel acto, según el artículo 13 de la Ley vigente, reunidos en el local y á la hora que el Consejo haya fijado, bajo la presidencia del miembro que designe y con intervención del Secretario de la Universidad, abierto que sea el acto, nombrará el primero, entre los presentes, una Comisión de tres personas, encargadas de hacer oportunamente el escrutinio de los votos.

2.° Inspeccionada y cerrada la urna, cuya llave se entregará en seguida al Presidente, los votantes depositarán en aquélla sus respectivas balotas, personalmente, firmadas y bajo sobre, bajo pena de nulidad, pudiendo la presidencia dar por concluído ese acto á los diez minutos, si no hubiese más votantes presentes.

3.° Terminado que sea y abierta la urna, procederá la Comisión referida, públicamente, á la apertura de los sobres y escrutinio de los votos, dando en seguida cuenta del resultado que obtenga y haciendo saber quiénes han sido los votantes y sus respectivos candidatos. La misma Comisión eliminará los votos no autorizados por el artículo 13 de la Ley, teniendo á la vista el Registro respectivo. Se proclamará electo el que obtenga mayor número de sufragios.

4.° Hecha esa proclamación se procederá á nueva elección, y proclamado el segundo candidato, á la elección del tercero; observándose en ambas las formalidades antes indicadas.

Artículo 2.° No se tomarán en cuenta en las elecciones sucesivas los votos acordados al que antes hubiere sido electo.

Artículo 3.° Si en alguna de las elecciones resultare empate entre dos ó más candidatos, decidirá con su voto el Presidente, quien sólo en ese caso deberá sufragar.

Artículo 4.° Electa la terna levantará el Secretario la correspondiente acta, que será firmada por el Presidente y los presentes que lo deseen, archivándose las balotas y escrutinios, empaquetados, lacrados y sellados. El Consejo dará cuenta en seguida al Superior Gobierno del resultado de la elección.

Artículo 5.° La elección de los miembros del Consejo á que se refiere el artículo 30 de la Ley, en su inciso 3.°, se efectuará en un solo acto, pudiendo cada votante sufragar por un número de candidatos igual al que deba ser electo, y proclamándose á los que obtengan mayor número de sufragios. En esta elección se obser-

varán las formalidades establecidas para la de Rector, en cuanto sean aplicables.

Montevideo, Mayo 5 de 1893.

ALFREDO VÁSQUEZ ACEVEDO.

*Enrique Azarola,*
Secretario General.

---

## Registro permanente

En sesión de fecha 8 de Mayo, el Consejo de Enseñanza Secundaria y Superior, ha dictado el siguiente decreto:

Artículo 1.° A los efectos prevenidos por el artículo 13 de la Ley de 25 de Noviembre, y 30, inciso 3.°, de la de 14 de Julio de 1885, la Secretaría formará un Registro de todos los ciudadanos que tengan título de Doctor ó Licenciado.

Artículo 2.° Se inscribirá en ese Registro á los ciudadanos que hayan obtenido en la Universidad su título de Doctor ó Licenciado, y á los que habiendo estudiado en el extranjero lo hayan revalidado ante la misma, ó ante alguna de las corporaciones facultadas por disposiciones anteriores á la Ley de 14 de Julio de 1885 para la revalidación de títulos.

Artículo 3.° Una vez formado el Registro, la Secretaría hará publicar la nómina de todos los ciudadanos inscriptos, señalando un término prudencial para que las personas omitidas por falta de datos, puedan solicitar su inscripción.

Artículo 4.° Se inscribirá en el Registro á que se hace referencia en los artículos anteriores, á los ciudadanos que obtengan ó revaliden, en lo sucesivo, el título de Doctor en la Universidad de Montevideo.

Montevideo, Mayo 8 de 1893.

ALFREDO VÁSQUEZ ACEVEDO.

*Enrique Azarola,*
Secretario.

---

## Secretaría de la Universidad

El señor Rector ha dictado el siguiente decreto, con fecha 10 del corriente:

Artículo 1.° Invítase á los estudiantes reglamentados ó libres de las distintas Facultades ó Secciones de la Universidad, á presentar una disertación escrita sobre el siguiente tema de Historia Nacional: "*El lustro de 1825 á 1830.*"

Art. 2.° Las disertaciones deberán presentarse en la Secretaría de la Universidad antes del 1.° de Febrero del año próximo venidero, sin firma, bajo un sobre cerrado, en el cual se inscribirá un lema cualquiera, que servirá para distinguirlas.

Acompañando cada disertación se presentará otro sobre cerrado, con el mismo lema, que contendrá el nombre del autor.

Art. 3.° Vencido el plazo indicado en el artículo anterior, el Rector de la Universidad nombrará un Tribunal de cinco personas, encargado de examinar las disertaciones que se presenten y de pronunciarse sobre el mérito de ellas.

Art. 4.° El disertante que á juicio del Tribunal merezca la calificación de sobresaliente, recibirá el premio de doscientos cincuenta pesos, que ha sido adjudicado para el efecto por el doctor don Alberto Palomeque, y además un diploma especial conmemorativo de la distinción.

La disertación será publicada en los ANALES DE LA UNIVERSIDAD.

Art. 5.° Los dos disertantes que se hagan acreedores á un segundo y tercer premio, recibirán un diploma especial en que se hará constar la calificación que sus trabajos reciban.

Art. 6.° La adjudicación de los tres premios á que hacen referencia los artículos 4.° y 5.°, tendrá lugar en acto público y solemne, en el local que oportunamente se señalará.

Montevideo, Mayo 12 de 1893.

*Enrique Azarola,*
Secretario General.

# Estudio sobre el Derecho

POR EL DOCTOR DON FEDERICO E. ACOSTA Y LARA

## CAPÍTULO I

### Doctrinas generales

En todas las épocas de la historia la inteligencia humana se ha preguntado cuál es la naturaleza del derecho, y desde luego ha respondido á esta pregunta de diversas maneras, según, necesariamente las ideas generales que ha tomado de la filosofía pura, ó también influenciada por los hechos positivos observados.

Establecer una teoría completa respecto del derecho, es decir, construir una teoría que resuelva satisfactoriamente todas las dificultades que puedan existir en las relaciones prácticas de la vida común, es sin duda plausible, y más que plausible necesario, por cuanto se contribuye eficazmente al mejor desenvolvimiento de la sociedad, á su estabilidad, á la armonía de todos los intereses y á que, finalmente, desaparezcan los antagonismos profundos entre las individualidades humanas, ó tengan una aceptable conciliación cuando menos.

He ahí por qué constantemente el hombre ha querido sentar las bases de una teoría jurídica; por qué ha luchado incesantemente á fin de aclarar el concepto del derecho de modo que fuese accesible á todas las inteligencias y porqué desde luego ha indicado reglas generales y comunes de conducta, sin las cuales no es posible en ningún período importante de la vida colectiva, conseguir el mantenimiento del orden social más conveniente.

Ahora bien, dos tendencias generales, pero concurrentes al mismo

fin, se vienen manifestando desde tiempos remotos en las investigaciones sobre el derecho, ó en el carácter de esta idea. En efecto, mientras que una serie de pensadores caracteriza la idea de derecho con los signos de la razón pura, es decir, que hace de aquella idea un concepto abstracto, puro, metafísico y por así decir independiente de las circunstancias de lugar y tiempo en que viven los pueblos, y en que dicha entidad se desenvuelve y surge, otros filósofos creen más exacto atenerse á los datos que la observación descubre para construir una teoría jurídica y poner de relieve la índole peculiar de la idea de derecho. Creen más conforme con la importancia del asunto, averiguar el génesis de la idea de derecho en las fuentes de la historia y en las múltiples interpretaciones que ha tenido en las variadísimas situaciones en que se ha manifestado. Unos empiezan diciendo lo que es el derecho según el concepto que la razón pura se forma de él, y otros, más prácticos sin duda, mejores filósofos, llegan á establecer el concepto de derecho, después de un trabajo analítico y positivo relativamente completo.

Ambos esfuerzos tienen igual propósito sin embargo; ambas iniciativas persiguen igual fin, pero difieren en el procedimiento, en el método; y seguramente el método es por sí solo un signo de garantía en los trabajos intelectuales.

Pero al lado de estas tendencias radicalmente opuestas, existe otra que se propone conciliar los antagonismos metódicos de ambas, ó mejor dicho que apela á la razón y á la experiencia para construir un sistema jurídico completo.

Vamos á dar cuenta en capítulos separados de las tendencias que acabamos de indicar.

## CAPÍTULO II

## El racionalismo

### § 1.° KANT [1]

1.°) "Es justa toda acción que por sí, ó por su máxima, no es un obstáculo á la conformidad de la libertad del arbitrio de todos con la libertad de cada uno según leyes universales.

Si, pues, mi acción, ó en general mi estado, puede subsistir con la libertad de los demás, según una ley universal, me hace una injusticia el que me perturba en ese estado; porque el impedimento (la oposición) que me suscite no puede subsistir con la libertad de todos según leyes generales. De donde se sigue también, que no se puede exigir que este principio de máxima no sirva de máxima, es decir, *que yo lo haga máxima de mis acciones*, porque los demás pueden ser libres, aun cuando la libertad de otro me fuera indiferente, ó aun cuando yo pudiera oponerme á ella en el fondo de mi corazón, con tal que no le oponga obstáculo por mi *acción exterior*."

He ahí cómo expone Kant su principio universal de derecho.

Como se ve, el filósofo alemán establece como principio general, que toda acción que no obstaculice la armonía de la libertad individual con la libertad de todos es una acción conforme al derecho.

La idea de derecho, para Kant, reposa, pues, sobre la idea de libertad, de la cual es condición y de donde surge la regla siguiente: "procede exteriormente de manera que tu libertad pueda coexistir con la libertad de los demás."

El poder coercitivo deriva inmediatamente de la noción de derecho, porque la facultad de evitar todo obstáculo opuesto á nuestra libertad forma parte integrante de esa misma libertad.

El derecho, pues, es la forma de la voluntad, y también consiste

1. Kant: *Principios metafísicos del Derecho*, pág. 42. Arhens: *Curso de Derecho Natural*. D. Lioy: *Philosophie du Droit*. Fouillée: *L'idée moderne du Droit*.

en la convención, de la que nacen todos los contratos, y no en el deseo del hombre ni en el fin de las acciones.

Pero si preguntamos á Kant: ¿por qué la libertad humana debe respetarse?, ¿por qué? si no es porque ella debe tender á la armonía, nos responde con la regla siguiente: "Procede considerando á la humanidad, tanto en tu propia persona como en la de otro, como un fin, y no te sirvas de ella como un medio."

Entonces el derecho deja de ser una condición ó un conjunto de condiciones, pero subjetivamente será una *facultas agendi* del ser moral, anterior y superior á las condiciones en las cuales podrá manifestarse; y, objetivamente, será el bien relativo á los seres libres.

2.º) El sistema de Kant tiene una filiación fácil de encontrar.

Rousseau proclamó la voluntad libre como la esencia del hombre, y esta declaración constituye el fundamento de las ideas kantianas respecto de la filosofía del derecho y de la moral.

La Francia, decía Hegel, ha realizado la revolución en la práctica, pero la Alemania ha formulado la teoría metafísica de la misma revolución.

Kant y Fichte cambiaron el centro de gravedad social que el movimiento revolucionario llevaba de las autoridades exteriores á la libertad interior del hombre.

Se sabe que Kant se comparaba por la metafísica á Copérnico, que hizo rotar la tierra al rededor del sol en lugar de hacer girar el sol al rededor de la tierra; pero, á la verdad, es en la moral sobre todo y en el derecho que cumplió mejor una revolución, revolución que es la del espíritu moderno.

En lugar de subordinar la libertad á una ley exterior, subordinó la ley exterior á la libertad.

Por lo demás, se observa en Kant cierta tendencia á considerar las cuestiones sociales como problemas mecánicos.

Cuando define Kant el derecho como el *conjunto de condiciones que limitan las libertades para hacer posible su acuerdo*, parece que el filósofo se atiene á la forma externa y negativa del derecho sin hacernos penetrar en su fondo. De ahí que la noción jurídica permanezca toda entera en las relaciones de los actos, en las obras; y concluya por identificarse con la facultad de obligación recíproca, es decir, con un sistema mecánico de fuerzas difusivas que se equilibran.

El defecto capital de la doctrina kantiana reside, dice Arhens,

en la insuficiencia notoria de la manera como ha comprendido el principio de la libertad y sus relaciones con el bien general. Desde luego, la libertad aunque no se la confunda con la simple voluntad, como sucedió á Rousseau, se concibe por Kant de una manera abstracta, formal puramente, y sin relación alguna con la materia del bien. No obstante, la libertad no es más que una facultad, un instrumento, por así decir, que debe emplearse para la obra del bien individual y social del ser humano.

Kant considera la libertad en sí misma como objeto, y parece admitir que el hombre no tiene, por lo pronto, otra misión que adquirir la libertad, adquiriendo por aumento posteriormente otros dones.

En lo que se refiere al principio del derecho mismo, éste es puramente negativo y restrictivo, encerrando en cierto modo una imposibilidad práctica. Las libertades, en efecto, abstractas como se las concibe, no pueden limitarse unas por otras en vista de su coexistencia. Así como en el mundo físico se limita un espacio por un objeto material, del mismo modo la libertad, que tiene su espacio en el espíritu, no puede recibir sus justos límites sino por los bienes, que son su objeto y justifican su empleo.

En el derecho privado hay multitud de relaciones jurídicas, que no se han constituído por la libre voluntad y para libertad de aquellos que están comprometidos; y en el derecho público la misión del Estado no puede restringirse á la simple protección de la libertad de sus miembros.

## § 2.° FICHTE

El sistema filosófico de Kant fué transformado por Fichte, en la primera época de su especulación, en un idealismo subjetivo, en el cual el sujeto, el yo, se establece como la sola realidad, negando á la vez el mundo exterior y la realidad absoluta de Dios.

Estas ideas generales de filosofía debían necesariamente tener su influencia en la noción del derecho. De ahí que Fichte exteriorizase la ley moral, el deber y el derecho, dando á estas entidades un carácter absoluto, un fin absoluto, de los cuales el hombre no es otra cosa que un instrumento: por ser instrumentos del derecho somos sagrados y no por virtud propia decía.

Según Fichte, la fórmula del derecho debe ser necesariamente

ésta: ámate ante todo, y á tus conciudadanos á causa de tí mismo; de cuya fórmula se deduce, por aquel filósofo, la necesidad de instituir por el órgano adecuado de la sociedad, por el poder público, una fuerza obligatoria tendente á mantener la coexistencia de la libertad de todos.

La filosofía del derecho de Kant, dice Arhens, desenvuelta en un sentido restringido por Fichte, forma él término final del movimiento subjetivo alemán, en el cual el hombre emprende la construcción del orden jurídico y político según principios esencialmente formales, y con prescindencia de la historia y de las relaciones religiosas y morales del individuo. Veremos después cómo no tardan en producirse las oposiciones á estas doctrinas cuando se trata de aplicarlas.

## CAPÍTULO III

### Escuela histórica

Fichte preparó á Schelling y á Hegel. El derecho absoluto de Fichte, que se realiza por el hombre mismo, viene á constituir la idea de Hegel, que se realiza mediante la historia.

En lugar de *mi derecho*, aquél establece el Derecho; y Hegel sostendrá que dicho derecho absoluto se traduce por la fuerza, por la potencia que se resiste á realizarse á sí misma por sucesos durables.

Estas dos vías abiertas al pensamiento filosófico en sus relaciones jurídicas fueron recorridas por los pensadores de Alemania sobre todo; pero sin duda alguna la segunda fué más frecuentada y preferida por los genios ilustres de aquella gran nación.

El terreno, por otra parte, queda abierto á las grandes polémicas filosófico-jurídicas, y las escuelas rivales, la escuela filosófica y la escuela histórica se empeñan, desde luego, en una lucha cuyas proyecciones llegan hasta nosotros, y cuya vivacidad, además, es notable todavía en Alemania.

El jurisconsulto Thibaut dió á la publicidad en 1814 un libro que llevaba por título: *Necesidad de un Código General para la Alemania.* Con motivo de esta publicación erudita y sistemada,

que pretendía hacer entrar á la legislación común por el sistema de la codificación, Savigny se hizo cargo de dar á luz un escrito célebre: *Vocación de nuestro tiempo por la legislación.*

Sostiene este ilustre jurisconsulto, que cuando una ciencia como la del derecho descansa sobre los esfuerzos no interrumpidos de muchos siglos, constituye una herencia inapreciable cuya posesión quieta y pacífica goza la generación de que formamos parte [1].

Los campeones más sonados de la escuela histórica, después de Savigny en nuestros tiempos y después del romanista francés Cujas (1590), son al presente, Mommsen, Bluntschli, Strauss, Montesquieu, etc.

Pero veamos cuáles son las ideas que sustenta esta escuela.

El derecho es para la escuela histórica un desenvolvimiento espontáneo y fatal de las tendencias del pueblo, y no una creación reflexiva y libre de la voluntad humana. Las constituciones y las legislaciones no se crean artificialmente; retoñan, por así decir; no existe un derecho natural imprescriptible é inalienable; todo derecho nace de la costumbre y en consecuencia del tiempo.

Según Savigny, el mejor emisor sin duda de los principios sustentados por Hugo, el derecho no es más que una creación reflexiva, voluntaria, del hombre ó de la sociedad. El derecho nace en los pueblos á favor de un instinto racional, como nacen las lenguas, se forman las costumbres y surgen las constituciones todas. El pueblo mismo es una entidad natural, agrega, que vive y se expande bajo la influencia de un espíritu común, y por la influencia de funciones múltiples, cada una de las cuales da un producto social. Entre esas funciones está la que engendra particularmente el derecho.

La edad juvenil de los pueblos es pobre en ideas, pero en esa edad existe más clara la intuición de las relaciones y estados sociales. Las que se expresan primitivamente por símbolos, después se expresan por un lenguaje adecuado, para adquirir posteriormente una conciencia reflexiva en los jurisconsultos que reemplazan á la conciencia nacional. Como se ve, pues, el derecho nace con los caracteres de institución consuetudinaria; se engendra por la acción de la costumbre, de las creencias comunes y de la jurisprudencia.

1. Savigny: *Sistema del Derecho Romano actual*, tomo I.

La doctrina que acabamos de exponer, formulada por Savigny y enderezada á desprestigiar las tentativas de codificación hechas en Alemania, como ya hemos dicho, fué objeto de vivos ataques por parte de filósofos y jurisconsultos desde muchos puntos de vista.

Sobre todo Thibaut hízose cargo del ataque, mostrando que la doctrina que combatía, incurría en un desconocimiento grave de la naturaleza libre y racional del hombre al someterle al exclusivo imperio del instinto, de los hábitos y de las costumbres más ó menos reflexivas; que destruía también en los pueblos modernos la originalidad, el carácter propio, peculiar á cada uno, lo que se había exaltado en el pueblo romano al obligarle á mantener una legislación que había sido adoptada en un estado social enteramente diferente, y que no respondía en manera alguna á las nuevas necesidades, nacidas como consecuencia de ideas y relaciones desconocidas de la antigüedad; que las reformas, en fin, que se habían reconocido como necesarias en otras ramas del derecho, el derecho penal, comercial, público, etc., eran igualmente indispensables por el fondo y por la forma de la legislación civil.

La escuela histórica, en efecto, ha considerado al pueblo romano como al pueblo elegido, como al pueblo revelador del derecho, y ha querido erigir el derecho romano en código universal para todos los pueblos, mientras que este derecho ha debido servir únicamente de medio educativo, y entrar como elemento de asimilación en la cultura jurídica de las naciones modernas.

La escuela histórica no está exenta de méritos, como debe suponerse. Desde luego, ha hecho comprender desde el punto de vista práctico, la distinción necesaria y capital que existe entre el Derecho y la Ley, aparte de que concibe el derecho mismo independientemente de lo arbitrario ó de la voluntad individual, como hemos visto ya.

Ha reformado muchos juicios injustos ó erróneos sobre las viejas instituciones al estudiar los antiguos sistemas jurídicos; al paso que ha contribuído á que se comprenda mejor cómo la vida presente tiene sus raíces en la antigüedad, en las costumbres que las generaciones se trasmiten, y que es peligroso también atacarlas por reglas abstractas ó por reformas que rompen la ley de continuidad.

Por lo demás, tiene estos otros méritos: ha llegado á sustituir

al antiguo método, en alguna manera exterior, que interpretaba las leyes según la voluntad supuesta del legislador, y establecía el sistema del derecho según principios lógicos puramente personales, un método más interior, que penetra más profundamente en la naturaleza propia de cada materia y de cada institución jurídica; ha concebido, finalmente, el Estado como un organismo, y no como una simple agregación de individuos ó también como un mecanismo resultante de las fuerzas reunidas de los individuos, y mantenido por leyes convencionales; ha considerado el derecho igualmente como un elemento orgánico de la sociedad, influenciado por todos los otros elementos de cultura social, y desarrollándose por un impulso interno de la vida nacional.

Al lado de las bondades están los defectos de la escuela histórica.

Vamos á dar un resumen aquí de las objeciones que ha levantado la escuela que estamos exponiendo.

En primer lugar, se dice, esta escuela ha desconocido el carácter libre y racional que distingue á los organismos morales de los organismos físicos sometidos á leyes fatales é inviolables. Cuando los pueblos se encuentran en un estado semejante á la infancia de los individuos, el derecho se forma instintivamente, por una especie de vegetación natural, y no por influencia de una inteligencia clara y precisa de las necesidades que está llamado á satisfacer; pero cuando la razón y la reflexión adquieren mayor poder, el derecho entonces se traslada á la esfera de la libertad, y la legislación llega á ser más razonada. De ahí por qué el organismo moral y libre manifestado en el derecho no debe identificarse con los organismos físicos.

Por lo demás, la escuela histórica, agregan sus competidores en el comercio de la filosofía jurídica, ha olvidado demasiado el carácter libre que posee el ente humano, y de ahí que reemplace en el génesis del derecho, la ley de la razón por la ley del instinto, consagrando por otra parte el fatalismo, que borra en definitiva la diferencia entre el bien y el mal, entre lo justo y lo injusto.

(*Continuará.*)

# Curso de Cosmografía

POR NICOLÁS N. PIAGGIO

(Continuación)

La rotación del Sol dura $25^d\ 9^h$. Sin embargo, la mancha reaparece á los $27^d\ 12^h$ (1). Esta diferencia de casi dos días se ex-

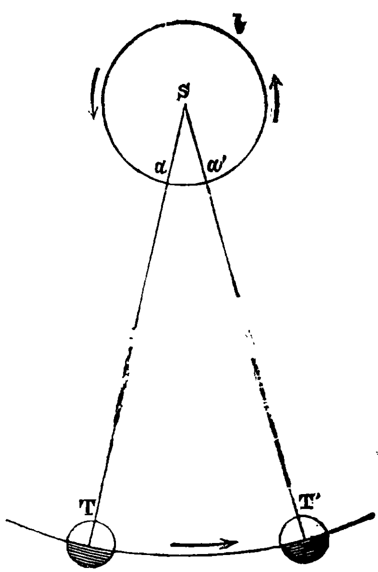



Figura 84.

plica perfectamente con el auxilio de la figura 84. En efecto, supongamos que una mancha $a$ coincide con el centro del Sol; y

(1) $27^d$ y $8^h$ trae el P. Secchi en el «Sol».

que á partir de ese momento el Sol y la Tierra se mueven en el sentido indicado por las flechas; cuando la mancha *a* vuelve al punto de partida, ya la Tierra ha ido á otro punto de su órbita; ha terminado una vuelta rotatoria del Sol, pero la mancha no ha llegado á ponerse en las mismas condiciones de antes, la mancha no ha reaparecido; para eso tiene que llegar al punto *á*. La observación prueba que la mancha vuelve á los $27^d\ 12^h$, luego deducimos la duración de la rotación solar resolviendo esta proporción:

$$\frac{387^o,5}{27,5} = \frac{360^o}{x}, \text{ de donde } x = 25^d 13^h.$$

NOTA. Sobre este resultado hacemos la misma salvedad que hicimos en el número **83** (1).

*a*) Por la naturaleza de los movimientos de las manchas, su regularidad, la igualdad de los tiempos en sus apariciones y desapariciones, por el movimiento en conjunto, y por la casi seguridad que se tiene de que ellas son cavidades, *queda demostrado el movimiento de la rotación del Sol.* Respecto al sentido en que lo efectúa, observamos que la mancha aparece por el occidente (oriente en el anteojo astronómico) y desaparece por el oriente; luego *el movimiento de rotación del Sol es de occidente á oriente.*

La trayectoria que describe una mancha en el disco solar tiene formas distintas, aunque eternamente repetidas. En la figura 85 están trazadas estas trayectorias. Es fácil darnos cuenta del fenómeno: si el ecuador del Sol coincidiese con el plano de la eclíptica y no formase, de consiguiente, el ángulo de 7° 15' que forma, entonces nosotros veríamos el Sol en proyección ortográfica ecuatorial, pero ya sabemos que en esta clase de proyección los paralelos se ven bajo la forma de líneas rectas; luego en este caso veríamos siempre las manchas moverse en líneas rectas. Pero no sucede así: sólo en dos épocas del año, el 4 de Junio, en que la longitud del Sol es de 74°30', y el 6 de Diciembre, en que la longitud vale 254°30', es que vemos la línea recta en el movimiento de la mancha; en los demás días del año está la Tierra al Norte ó al Sur del ecuador solar; siempre

(1) M. Laugier después de un gran número de observaciones, ha deducido que la duración de la rotación solar es de $25,^d34$. Las manchas reaparecen á los $27,^d30$, pero Laugier teniendo en cuenta muchos detalles astronómicos, dedujo el tiempo que citamos: $25,^d34$.

tiene, con excepción de aquellos dos días, latitudes heliocéntricas que no son nulas. Por un efecto de perspectiva se verán, pues, á las manchas describir esas clases de trayectorias, porque en realidad las verdaderas formas de las líneas que ellas describen son circulares, son circunferencias paralelas al ecuador del Sol.

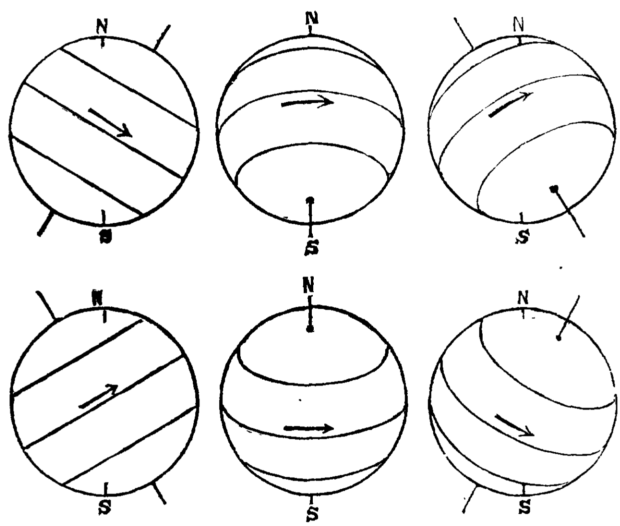



Figura 85. — Trayectorias de las manchas.

**131.** Diferentes velocidades de las manchas. — Si nos fuésemos á fiar del movimiento *aparente* de una mancha para deducir en seguida la velocidad angular y rotatoria del Sol, afirmaríamos que el movimiento del Sol al rededor de su eje no es uniforme; porque se observa que la mancha camina con velocidad creciente del borde al centro, y decreciente de éste al otro borde.

Esto es un efecto de perspectiva, como lo prueba la figura 86; los arcos AB, BC, CD, DE, etc., son iguales, pero estos arcos los vemos proyectados en las porciones AB', B'C', C'D', D'E', etc., y estas porciones evidentemente no son iguales. Luego, á arcos

iguales descritos por las manchas en iguales tiempos *no corresponden proyecciones iguales en esos mismos tiempos iguales;* y como

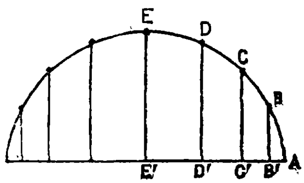



Figura 86.

para recorrer AB' necesita el mismo tiempo que para andar B'C, C'D, etc., resulta que *nos parecerá* una vez que AB' $\angle$ BC' $\angle$ CD', etc., que en los bordes la mancha camina más despacio que en el centro.

**132.** Protuberancias solares ó sea cromoesfera.—En los eclipses totales de Sol se ha observado un fenómeno curioso al rededor del disco luminoso del astro central, ocultado á nuestras miradas por la Luna: se han notado como inmensas montañas rojas, que todos mis lectores habrán ya tenido ocásión de ver pintadas con ese mismo tinte en muchos libros y periódicos. Las observaciones que se han hecho datan desde el eclipse de Julio de 1842. Véase cómo se expresa el astrónomo inglés Baily:

" Estaba yo, dice, ocupado exclusivamente en contar las vibraciones de mi cronómetro, á fin de anotar el instante preciso de la desaparición total, sumergido en un silencio profundo, en medio de la muchedumbre que bullía en las calles, en la plaza y en las ventanas de las casas, y cuya atención se hallaba enteramente absorta por el espectáculo que contemplaba, cuando he aquí que, de repente, el último rayo de luz desaparece, y yo me encuentro como ensordecido por una explosión de aplausos y de bravos en que prorrumpió en el mismo instante aquella inmensa muchedumbre. Todas mis fibras se electrizaron, y un estremecimiento se apoderó de mí. Miro al Sol, y me hallo en presencia del espectáculo más espléndido que pudiera inventar la imaginación. El astro del día había sido reemplazado por un disco negro como la pez, circundado de una gloria brillante, parecida á la que suele adornar la cabeza de la Virgen ó de los santos.

Al ver esto, quedé como pasmado y sobrecogido de asombro, perdiendo una porción considerable de aquellos preciosos momentos, y hallándome á punto de olvidar el objeto de mi viaje. Esperaba yo, sin duda, guiado por las descripciones que había leído, ver en derredor del Sol cierta luz, pero débil, crepuscular; mientras que me encontré con una aureola brillante, cuyo resplandor, vivísimo en el borde del disco, disminuía gradualmente. Nada de esto había yo previsto.

Pronto me repuse y volví de mi asombro, aplicando de nuevo la vista al anteojo, después de quitar el lente negro del ocular. Pero un nuevo espectáculo me esperaba. La corona de rayos que circundaba al disco lunar se hallaba interrumpida en tres puntos por inmensas llamas de color de púrpura, cuyo diámetro era como de dos minutos. Aparecían tranquilas, presentando el mismo aspecto que las nevadas cumbres de los Alpes alumbradas por el Sol poniente. Imposible me fué distinguir si aquellas llamas eran nubes ó montañas: cuando me disponía á estudiarlas, un rayo de sol brilló en las tinieblas, viniendo á reanimar la naturaleza, pero abatiéndome á mí y sumergiéndome en esa tristeza que experimenta toda persona que ve desaparecer el objeto de sus deseos cuando se creía á punto de alcanzarle. "

Pero en estos últimos años se han hecho un gran número de observaciones y se ha deducido que el elemento predominante en esas montañas solares es el hidrógeno en estado incandescente, aunque se hayan encontrado en ellas, según M. Liais, indicios de azufre, sodio y magnesio. Las alturas de esas moles ardientes son muy variables, y aunque ellas invadan todo el disco las de mayor altura se ven en las regiones de las manchas. (Recuérdense los límites de estas regiones, **128** *c)*, y, como dice M. Liais, esto nos hace ver que la cromoesfera se halla achatada en los polos, de acuerdo así con la temperatura más elevada del ecuador solar.

*a) Resumen y ampliación sobre las protuberancias solares.* -- Guillemin lo hace en los siguientes términos:

" 1.° Que las protuberancias pertenecen decididamente al Sol; y si aún quedaran algunas dudas sobre este punto después de las observaciones de los eclipses anteriores, las del 18 de Agosto de 1868, y especialmente las que se practicaron después del eclipse por MM. Janssen, Lockyer, Rayet y Secchi no permitirían ya dudar.

2.º Que las protuberancias son de naturaleza gaseosa; son un gas incandescente, compuesto en gran parte de hidrógeno, aunque conteniendo indudablemente otras sustancias, tal vez algunas desconocidas en la superficie de la Tierra, como parece probarlo la existencia de una línea brillante próxima á la línea amarilla del sodio, aunque no coincidiendo con ella ni correspondiendo tampoco, — cosa curiosa, — á ninguno de los rayos oscuros del espectro solar.

3.º Que la materia de las protuberancias existe en una grande extensión, cuando no en toda la superficie de la FOTOESFERA, ó sea la superficie incandescente del Sol. Esta materia forma una capa continua, cuyo espesor por término medio calcula M. Lockyer en 8.000 kilómetros, y las protuberancias no parecen ser otra cosa que porciones de esa misma capa elevadas á alturas más ó menos considerables, más ó menos destacadas de la masa, otras veces suspendidas sobre ella. En el eclipse de 1868 se vió una que no tenía menos de 34.000 leguas de altura (1).

4.º Que esas prodigiosas acumulaciones incandescentes de gas sufren á menudo cambios de formas y de dimensiones, motivando que la capa de materia se halle constantemente agitada por movimientos, cuya causa es aún desconocida, y que acaso sea la misma que la que da lugar á la formación de las manchas y de las fáculas."

*b)* Como ejemplo de las tales protuberancias, véase la siguiente figura:

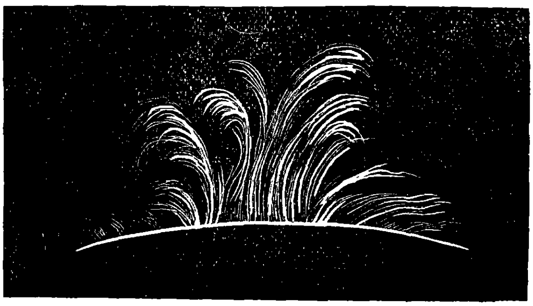


Figura 87. — Pretuberancias solares

(1) El P. Secchi dice en la exposición de su teoría, que se han visto protuberancias cuya altura ha llegado á 175.000 leguas.

## ARTÍCULO III (1)

**El Sol en el mundo sideral. — Si es una estrella de mediana magnitud, y si pertenece á la vía láctea. — Opinión de Lalande sobre la probabilidad de un movimiento del Sol. — Enlace de este movimiento con la rotación. — Comprobación de la traslación solar; velocidad de este movimiento.**

**133.** Ya sabemos que mundo sideral es el mundo de las estrellas. Sabemos también por simples observaciones, que hay estrellas de diferentes brillos. A las que lucen más se les llama de primera magnitud, á las que le siguen en brillo, de segunda, etc. Se trata ahora de saber á qué grupo de estrellas pertenece el Sol. Para eso vamos á suponer que lo alejamos á algunos millones más de leguas. Actualmente se le ve bajo un ángulo de 32' más ó menos (**118**); á una distancia de 60 millones de leguas le veríamos bajo un ángulo de 21'; á una de 1,100 millones el ángulo sólo sería 1'. Después de franqueada esta distancia el Sol ha salido de sus dominios planetarios.

La paralaje anual de Alfa doble, $\alpha^1$ del Centauro no alcanza á valer 1", es apenas de 0",88; pues bien, transportado el Sol á un punto que tuviera por paralaje anual 1", brillaría como *la mitad* de esa estrella $\alpha$.

A la distancia de Sirio, brillaría 36 veces menos que esta estrella. De donde podemos deducir, que el Sol, que antes nos pareció de tan enormes dimensiones, viene *á ser en el mundo sideral una estrella de mediana magnitud.*

*a)* La vía láctea es una faja blanquecina, inmensa, que rodea la bóveda celeste casi de Sur á Norte, cuyos detalles de posición y constitución estudiaremos después. Formando parte de esa Vía láctea se encuentra sin duda el Sol.

Esta circunstancia ya había sido sospechada por Kant y Lambert, pero el fenómeno fué definitivamente demostrado por Herschel I.

**134.** Movimiento de traslación del Sol. *Opinión de La-*

(1) Este artículo será bien entendido una vez que se hayan visto las estrellas. Por esa razón opino que no debe ser estudiado sino en el repaso del curso.

*lande.* En 1776 este sabio astrónomo francés se expresaba de este modo en *L'Encyclopédie Méthodique.*

" La rotación del Sol indica un movimiento de traslación ó una mudanza del Sol que podrá constituir acaso un día un fenómeno muy notable en la cosmografía. El movimiento de rotación considerado como el efecto físico de una causa cualquiera es producido por un impulso comunicado fuera del centro, pero una fuerza cualquiera impresa á un cuerpo y capaz de obligarle á girar en torno de su centro no puede dejar tampoco de hacer variar de sitio el centro ni podría concebirse una cosa sin la otra. *Es por lo tanto evidente que tiene el Sol un movimiento real en el espacio absoluto;* si bien como necesariamente arrastra en su evolución á la Tierra, y lo mismo á todos los planetas y cometas que se mueven en su derredor, no podemos advertir ese movimiento, á no ser que con el transcurso de los siglos se haya aproximado sensiblemente el Sol más cerca de las estrellas que están á un lado, que de las opuestas; y entonces las distancias aparentes de las estrellas entre sí habrían aumentado en una parte y disminuído en otra, lo cual nos demostrará hacia qué lado se efectúa el movimiento de traslación del sistema solar. Pero data hoy de tan poco tiempo la observación, y la distancia de las estrellas es hoy tan considerable, que tardará mucho en justificarse la importancia de este movimiento de traslación. "

La predicación del sabio ha sido confirmada. Hay un punto del cielo situado en la línea que une las estrellas $\pi$ y $\mu$ de la constelación de Hércules á un cuarto de la distancia que las separa y á partir de $\pi$(1), hacia el cual parece que se dirige el sistema planetario, avanzando con una velocidad de 59.852.500 leguas por año, ó abreviando el número 60 millones de leguas, lo que da $7^{km}$, 6 por segundo.

¿ Cómo ha podido justificarse, ó mejor, deducirse este movimiento ? Se ha visto que hacia la constelación de Hércules las estrellas se van separando cada vez más, es decir, que el ángulo que forman las visuales dirigidas á dos estrellas próximas de esa constelación cada vez es mayor ; esta circunstancia puede provenir

| | *Secchi* | *Guillemin* |
|---|---|---|
| (1) Ascensión recta del punto | 259° 30' | 259° 35',1 |
| Declinación Norte » » | 32° | 34° 33',6 |

de dos causas: *ó porque ellas se acercan, ó porque nos acercamos nosotros á ellas.* Se ha visto que en la parte opuesta á Hércules sucede un fenómeno contrario, y esto no puede provenir sino *por alejarse las estrellas de nosotros ó por alejarnos nosotros de ellas.* Ahora, ¿qué es lo lógico? Las consecuencias de Herschel y de Argelander: *El movimiento del Sol hacia la constelación de Hércules.*

*a)* ¿Cuál es la forma de la trayectoria que describe el Sol? ¿Cae el Sol en el espacio? Hasta ahora no es posible afirmar nada, porque el elemento que de ella se tiene es pequeño.

*El P. Secchi* dice que ese movimiento debe ser curvilíneo (1); *Argelander* cree que el centro de la órbita solar se halla en la constelación de Perseo; *Maedler* lo fija en Aleyone, la estrella más brillante de las Pléyadas, lo que quiere decir que Argelander y Maedler creen, como Secchi, que el movimiento debe ser curvilíneo.

## ARTICULO IV

**Constitución física del Sol.—Opiniones antiguas sobre la naturaleza del Sol.—Análisis espectral del Sol.—Hipótesis de Wilson, Kirchoff, Faye y Secchi, sobre la constitución física del Sol.**

**135.** Uno de los puntos más obscuros que hay en la Astronomía, es sin duda ninguna, la constitución física del Sol. ¿Qué es ese astro radiante, fuente de luz y de calor? ¿Qué son las manchas? ¿Cuál es la causa de su formación? La ciencia no ha dado todavía la respuesta definitiva. Los sabios, en busca siempre de *las causas,* han tratado de explicar todo lo más cuerdamente posible, *la causa* de la luz y del calor; pero, repetimos, no están todavía acordes en sus respectivas opiniones; lo que equivale á decir, puesto que la verdad es una sola, que todavía no sabemos lo que es el Sol.

(1) Así se expresa en su obra «Las Estrellas», t. II, y agrega: pero sobre este punto está reservado á las futuras generaciones, el honor de dilucidar completamente la cuestión. Se ignora absolutamente dónde se encuentra el centro de la curva descrita, y más aún, si realmente tiene centro, ó si la curva se debe á la acción combinada de muchos centros.

*a)* Opiniones de los antiguos sobre la constitución física del Sol.—*Anaximandro,* 610 años A. J., creía que el Sol era un carromato lleno de fuego muy vivo que se escapa por una abertura circular.

*Anaxágoras,* 500 años A. J., que creía que el Sol era apenas más grande que el Peloponeso, opinaba también que el Sol era como una piedra inflamada.

*Epicuro,* 300 años A. J., opinaba á su vez, que el Sol se alumbraba de mañana y se apagaba por la noche en las aguas del océano.

Seguramente algunas de estas ideas prevalecieron durante muchos siglos, porque hasta principios del siglo XVII, no se registran opiniones distintas de aquéllas.

*Galileo* suponía que las manchas eran una especie de humareda, de nubes ó de espuma, flotando en la superficie del Sol. Veremos después, que Galileo con su teoría, fué el precursor de Kirchoff.

*Scheiner,* que fué el primero en sostener que las manchas eran cavidades, decía que al rededor del Sol debía existir un océano de fuego, que tenía sus movimientos tumultuosos, sus abismos, sus escollos, sus oleajes.

*Hevelius* aceptó la hipótesis de Galileo, agregando una atmósfera, capaz de generaciones y corrupciones semejantes á la nuestra.

*Huygens* (1700), creía que el Sol era una masa líquida incandescente.

*La Hire* opinaba que el Sol es un cuerpo opaco que tiene como la Tierra asperidades, montañas y depresiones, que ese cuerpo está cubierto de una materia fluida y luminosa ; que por fenómenos análogos á nuestras mareas, ese fluido deja entrever algunas veces los picachos ó peñascos, y estas apariciones constituirían los núcleos de las manchas, y la espuma que se forma al rededor de ellos serían las penumbras.

*Lalande,* en 1764, cree la hipótesis de La Hire como la más probable.

*Kant,* á fines del siglo pasado, suponía que el Sol es un cuerpo brillante y no una masa fundida ó caliente á una gran temperatura. Para él tanto el Sol como las estrellas son grandes masas de vapor brillante [1].

Nota. — Para tratar juntas las hipótesis contrarias de Wilson

1. Véanse otras hipótesis en «El Sol» de Guillemin.

y de Kirchoff, voy á hacer unas breves consideraciones sobre un punto que trataré más extensamente á su tiempo (**234**).

**136.** Análisis espectral del Sol. — Si al través de un prisma de cristal miramos un cuerpo sólido ó líquido en estado incandescente, notaremos reproducidos en el cristal los siete colores del espectro, en el orden que se han visto en las clases de física: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violado. Este espectro es el de primer orden.

Si el cuerpo en ignición es un gas, al mirarlo por el prisma, se reproduce el espectro de segundo orden, que consiste en bandas oscuras interrumpidas de trecho en trecho por fajas coloreadas.

Se llama espectro de tercer orden ó *espectro solar,* el producido en el prisma cuando se mira una sustancia sólida ó líquida en estado incandescente, pero de modo que intercepte la mirada un gas en ignición. El carácter de este espectro es igual al de primer orden, sólo que los colores están interrumpidos por rayas oscuras más ó menos gruesas y más ó menos separadas, según las sustancias de los cuerpos que arden. Estas rayas son conocidas con el nombre de Fraünhofer, que fué el que las descubrió.

**137.** Hipótesis de Wilson. — Este astrónomo inglés emitió en el año 1774 una teoría notablemente ingeniosa y verosímil por lo que respecta á la explicación de las manchas. Esta teoría fué sostenida por Bode, Herschel y Arago, y consiste en lo siguiente:

Admite Wilson que el Sol se compone de un núcleo esférico, sólido, no luminoso y *negro* (1); rodeando este núcleo se encuentra una primera capa nebulosa, semejante á la que forman nuestras nubes tormentosas; y luego una segunda capa luminosa que constituye la fotoesfera. Esta segunda envoltura es la que establece los límites del Sol, es la que constantemente estamos viendo.

Se explican en esta teoría las manchas de este modo: admitiendo que se produzca en el núcleo una erupción volcánica, con fuerza capaz de poder rasgar las dos envolturas, sucederá, según lo deja ver claramente la figura 88, que desde la Tierra se percibirá el núcleo obscuro, luego la penumbra *ef,* y, por el hecho de la aglomeración de materia luminosa en los bordes *c* y *d,* se verá ahí la fácula. A medida que la mancha avanza para la izquierda (la abertura volcánica es *ab),* lo primero que se pierde es la penum-

(1) *Arago*: Astronomie Populaire, Libro XIV.

bra más cerca del centro, luego el núcleo, y finalmente la otra penumbra *k* (1). Esto no es más que un efecto de perspectiva.

Si por una causa cualquiera, la erupción después de atravesar la envolvente nebulosa no puede rasgar la luminosa, pero sí removerla, entonces se podría producir una fácula únicamente. Si se rompe la primera capa y al llegar á la segunda la otra se cierra,

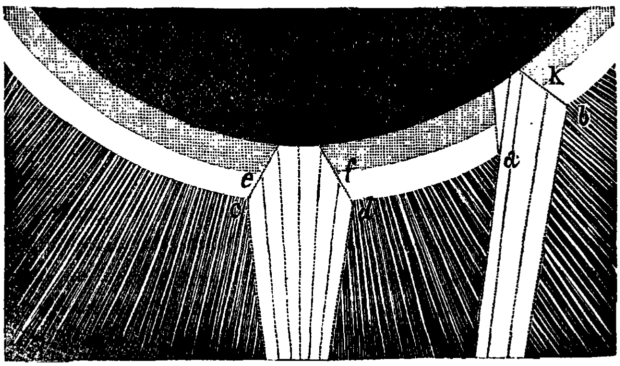



Figura 88. — Explicación del cambio de forma del núcleo y de la penumbra, en la hipótesis de Wilson.

se tendrá penumbra y fácula, pero no núcleo; dispersada la materia ígnea en sitios de distinto espesor, podría dar lugar á la penumbra sin fácula (2). Si la abertura *cd* es menor que la *ef*, habrá núcleo y fácula, pero no penumbra, y aun podrá sèr sólo núcleo.

Finalmente, se explicarían los lúculos, admitiendo que la envolvente gaseosa, así como la ígnea, se encuentren en un estado continuo de agitación.

Las consideraciones hechas por Chacornac, las fotografías solares obtenidas por Warren de la Rue, son favorables á la hipótesis de que las manchas son cavidades. Por otra parte, de 530 observaciones que se hicieron, 86 por ciento son favorables á la teoría Wilsonista, respecto á la desaparición de la penumbra, y sólo 14 por ciento son contrarias.

Nota. — Esta teoría defendida con los experimentos de polariza-

(1) Tal es la apariencia que Wilson observó en Noviembre de 1769 y que le sugirió la hipótesis que se acaba de formular.

(2) Generalmente la fácula acompaña á la mancha.

ción hechos por Arago, no explica, sin embargo, el porqué de hallarse las manchas en una región determinada del disco.

**128.** Hipótesis modernas sobre la constitución del Sol.— Hipótesis de Kirchoff. — Dice este sabio alemán, que el Sol está formado de un núcleo sólido ó líquido en estado incandescente, que lo constituiría todo el globo solar, y que al rededor de este núcleo " cuya temperatura es muy elevada, se encuentra una atmósfera muy densa, formada de los elementos constitutivos del globo incandescente, que la intensidad de la temperatura mantiene en el estado de vapores. "

Robustece esta opinión por medio de las observaciones espectroscópicas. Kirchoff explica las manchas diciendo que, si por una causa desconocida se admiten enfriamientos parciales en la atmósfera solar, se producirán " aglomeraciones muy densas de vapor vesicular, y nubes sombrías que obstruyan ó intercepten los rayos luminosos del cuerpo solar, " y esas nubes serán precisamente los núcleos de las manchas, que produciendo ciertos enfriamientos en sus bordes, producirían las penumbras. Las fáculas podrán ser debidas á un efecto de contraste. Tal es lo que se ve en la fig. 89.

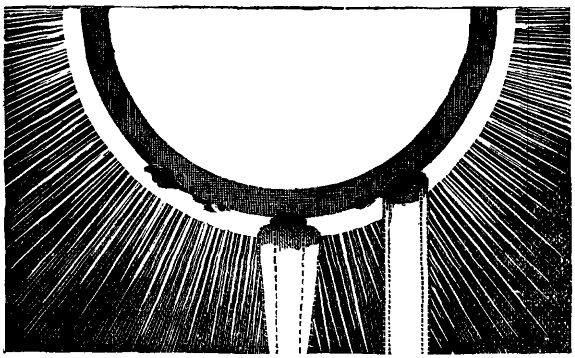


Figura 89. — Explicación de las manchas solares según la hipótesis de Kirchoff

Nota. — Esta teoría no explica los lúculos (1), y como la de Wilson, tampoco deja ver la causa de no formarse manchas en las regiones polares.

(1) Guillemin dice que no explica tampoco las fáculas.

*a)* Hipótesis de Faye. — A este astrónomo francés, la existencia del núcleo obscuro que admitía Wilson, le parece una imposibilidad física, pero en cambio admite que las manchas son cavidades, contrariamente á la teoría de Kirchoff.

" Según M. Faye, las manchas son producidas por corrientes verticales ascendentes y descendentes: allí donde la primera tenga una intensidad predominante, se hallará momentáneamente disipada la materia luminosa de la fotoesfera. Al través de esa especie de abertura, no es el núcleo sólido, frío y obscuro del Sol, lo que se percibe, sino la masa gaseosa, ambiente é interna, cuya fuerza emisiva á la temperatura de la más viva incandescencia, es tan débil comparada con la de las nubes luminosas de partículas no gaseosas, que la diferencia de esas fuerzas basta á explicar el constraste tan asombroso de los dos matices observados con nuestros vidrios obscuros. "

Nota. — En la teoría completa de Faye, cuya exposición nos llevaría muy lejos, se explican las fáculas, los lúculos y la concentración de las manchas en las zonas antes mencionadas — (**128** - *c*).

*b)* Hipótesis del P. Secchi (1). — " Está compuesto el Sol por una masa fluida incandescente, á muy alta temperatura; los metales y demás sustancias, tanto desconocidas como conocidas, se encuentran en su superficie en el estado de vapor. En el interior del Sol reina una violenta agitación, que se manifiesta por el levantamiento á considerable altura de la fotoesfera y de la cromoesfera, levantamientos que constituyen verdaderas erupciones. En estas erupciones las masas más pesadas, compuestas principalmente de vapores metálicos, vuelven á caer sobre el Sol, depositándose sobre la fotoesfera en forma de placas obscuras y absorbentes; por su propio peso forman en la materia fotoesférica cavidades que se llenan de esta sustancia obscura, y á esto llamamos *manchas*. Las regiones de la superficie solar elevadas sobre el nivel común por las fuerzas eruptivas, ó aquellas otras cuyo brillo es mayor por causa de poseer mayor actividad térmica, constituyen las *fáculas*. La *granulación* de la superficie solar reconoce como causa la cantidad innumerable de pequeños surtidores incandescentes, que en forma de llamas, de pelos y de haces, se encuentran por todas partes en el contorno del disco. "

(1). Véase la hipótesis completa en mis Apuntes de Cosmografía.

# ARTÍCULO V

**Temperatura intrínseca del globo solar y conservación de su calor —Cálculos de esa temperatura.— Temperatura de los espacios interplanetarios.—Origen de la radiación solar.—Diversas hipótesis para explicar su conservación.—Cambios de la luz del Sol y sus consecuencias.—Imposibilidad física de la existencia de seres organizados en la superficie del Sol.—Verdadera misión de este astro.**

**139.** TEMPERATURA INTRÍNSECA DEL GLOBO SOLAR. — *Pouillet* ha dicho: "Suponiendo la potencia emisiva del Sol igual á la unidad, su temperatura es por lo menos de 1461°, ó lo que es lo mismo, poco más ó menos la de la fusión del hierro; y aun pudiera subir á 1761°, si la potencia emisiva del Sol fuera análoga á la de los metales bruñidos.

*Faye* se expresa así: "En realidad la temperatura en la superficie del Sol está lejos de ser tan elevada como su temperatura interna."

*Thomson* establece por las medidas de Pouillet, que el calor emitido por el Sol no es más que de 15 á 45 veces superior al calor que se engendra en el fogón de nuestras locomotoras.

*Secchi* dice que las regiones ecuatoriales del Sol son más cálidas que las polares, y que los dos hemisferios, Norte y Sur, del Sol no tienen la misma temperatura.

*a)* CONSERVACIÓN DEL CALOR DEL SOL Y CÁLCULOS DE LA TEMPERATURA. — Las pérdidas de calor sufridas por el Sol, son demasiado grandes para poder ser despreciadas.

Para explicar la constancia de la temperatura solar, sólo hay dos hipótesis posibles: ó bien la existencia de una actividad interior, ó bien la de otra exterior, completamente distinta de la combustiva. W. Herschel suponía la existencia de corrientes eléctricas capaces de producir la luz, como en nuestras auroras boreales; pero hoy sabemos que las corrientes eléctricas necesitan una causa; no son espontáneas; deben su nacimiento á una fuerza que á su vez tiene también su origen, porque nada se produce de la nada; y su existencia debe explicarse por las leyes de física."

Y sigue el P. Secchi más adelante, expresándose así:

*1.ª Conclusión.* — La temperatura del Sol se eleva á muchos millones de grados, pero no es imposible determinarla con exactitud.

*2.ª* Probablemente esta temperatura reconoce como causa la gravitación, habiendo sido quizá producida por la caída de la materia que constituyó la nebulosa privitiva, y hoy forma el Sol y los planetas.

*3.ª* En el período de formación del sistema, la temperatura debió ser mucho más alta que en la actualidad, encontrándose hoy el Sol en período de enfriamiento.

*4.ª* Aunque pierde el Sol continuamente enormes cantidades de calor, la disminución de su temperatura es extraordinariamente pequeña, no excediendo de un grado en 4000 años. Este resultado es debido á su condensación, y en parte al estado de disociación en que se encuentra su materia por la acción del calor.

*5.ª* Aunque la temperatura del Sol no sea absolutamente invariable, sus variaciones son, sin embargo, menores que las fluctuaciones á corto período que observamos, sin poder valuarlas de un modo completo; así, pues, debemos creer que nuestro planeta seguirá siendo habitable durante una larga serie de siglos."

**140.** Temperatura de los espacios interplanetarios. — Fourier calculaba que esta temperatura era muy inferior á la de las regiones polares: la suponía de 60°; Pouillet la bajaba más aún, evaluándola en 142°, como máximum.

A pesar de ser tan inferior á cero, la temperatura de los espacios interplanetarios, es tal, que si faltara el calor de esa baja temperatura, la disminución del calor terrestre durante las noches de invierno, daría lugar á que ningún ser viviente pudiera resistir las variaciones bruscas en la temperatura general de un lugar cualquiera.

Tales fueron al menos las conclusiones de M. Fourier.

Nota 1.ª — Según Pouillet, la cantidad de calor que la Tierra recoge en un año de los espacios interplanetarios, sería bastante para derretir en la superficie de nuestro planeta una capa de hielo de 26 metros de espesor.

Este ejemplo y el expuesto (**119** - *b)* por el mismo Pouillet, darán una idea de la gran cantidad de calor que representaría en un año, acumulándose el tan excesivamente pequeño que día á día recibe la Tierra de los espacios interplanetarios.

Nota 2.ª — M. Fourier también ha calculado que el calor interno de nuestro globo se desarrolla del interior al exterior, de tal manera que sería capaz de fundir en un siglo una capa de hielo de 3 metros de espesor y que la envolviera por todas partes.

**141.** Origen de la radiación solar; diversas hipótesis para explicar su conservación. — Una la hemos dado ya en el número (**139** *a*): pertenece á Herschel y la combate el P. Secchi.

El movimiento de rotación del Sol se ha creído que podría ser causa de un desprendimiento de calor y de luz; pero siendo así tendríamos que admitir una materia que rozase con el globo solar, y que, ó estuviera quieta pero en contacto con aquél, ó girase en sentido contrario sin perder el contacto. Nada de esto es cierto.

Una de las teorías expuestas, y que ha sido muy defendida, es la de la caída en gran cantidad y con mucha frecuencia de meteoritos en la superficie del Sol. Estas caídas producirán necesariamente un desarrollo de calor, que Tyndall ha evaluado en una fuerte cantidad, pero que disminuirá progresivamente.

*a)* "Los geómetras han podido calcular sobre bases precisas la provisión de calor que tiene actualmente el Sol y la cantidad que pierde todos los años; con esta base han deducido desde cuándo existe el Sol. Según este cálculo, el Sol se formó desde hace 25 millones de años lo menos, y 40 millones de años lo más. Newcombe ha probado que el astro va condensándose y quedará reducido á la mitad de su tamaño dentro de 5 millones de años. Dentro de 10 millones tendrá corteza. Para entonces la vida habrá cesado en nuestro planeta."

**142.** Cambios de la luz del Sol y consecuencias. — Hay un fenómeno celeste, que más adelante estudiaremos, conocido bajo los títulos de *estrellas variables* y *estrellas tempóreas*.

Una de las explicaciones que se dan para aclarar este fenómeno, es la de suponer que esas estrellas tengan muchas manchas de tiempo en tiempo, y según eso se verán unas veces más brillantes que otras. También se supone que grandes cantidades de hidrógeno allí se inflamen y dejen ver á la estrella más luminosa.

El Sol tiene manchas y en su superficie hay una gran cantidad de hidrógeno incandescente. ¿No podrá algún día aumentar el número de manchas hasta ponerlo obscuro? ¿No podrá agregarse la combustión actual del hidrógeno, ó también no podrá avivarse más y hacer al Sol más brillante? Nada se puede aventurar respecto á estas cuestiones.

Habiendo dicho anteriormente que el Sol es la fuente de la vida planetaria, es fácil adivinar lo que sería nuestro globo si la luz del Sol se extinguiera: la destrucción y la inmovilidad absolutas, reinarían en la Tierra. Espanta la idea de una noche eterna

envuelta en el sudario de un sepulcro, y esto sería la Tierra sin su Sol.

**143.** HABITABILIDAD DEL SOL. — Antes que nada, es necesario saber qué teoría solar se admite; si la de Wilson, por lo mismo que se acepta la existencia de un núcleo relativamente frío, no hay inconveniente en aceptar también la *posibilidad* de que haya seres vivientes. Pero, si las hipótesis que se admiten son cualesquiera de las tres últimas expuestas, entonces, á no ser que se admita la existencia de la salamandra, como muy oportunamente dice Guillemin, no hay que pensar en la habitabilidad del Sol, y es así, que sólo como vuelos de la fantasía deben tomarse estas palabras de Flamarión: ..... ¡Misterio! ¡Misterio! Pero ¿cómo resolverse á admitir que ese bello Sol sea un Mundo inferior, una morada inhospitalaria, ó solamente una lámpara gigantesca que la mano eterna tendría en el espacio para guiar los mundos viajeros? No, allí hay seres desconocidos é *inconocibles.*" (1)

**144.** VERDADERA MISIÓN DEL SOL. No tiene el Sol habitantes, pero en cambio él es la vida de los que existen en los planetas (*con seguridad* en la Tierra), "es el foco de las vibraciones poderosas que por doquiera llevan el movimiento y la vida, y cuya interrupción sería instantáneamente, en la superficie de todos los astros que constituyen el mundo solar, la señal de la destrucción de todo organismo, de la inmovilidad y de la muerte."

## ESTADO PARTICULAR DEL SOL

| | |
|---|---|
| Duración de la rotación........ | 25 días 9 horas. |
| Temperatura.................. | 1461° á 1761°. |
| Densidad de los materiales..... | 4 veces más débil que aquí (0,252). |
| Pesantez...................... | 27 veces más que en la Tierra. |
| Radio......................... | 109 veces el de nuestro globo = 171.000 leguas. |
| Circunferencia ................ | 109 veces la de la Tierra. |
| Superficie..................... | $109^2$ " " " " " |
| Volumen...................... | $109^3$ " " " " " ó = 1.300.000. |

(1) «Mundos reales y Mundos imaginarios» — Consúltese la obra de Babinet «Etudes et lectures sur les sciences d'observation», t. III, pág. 259.

| | |
|---|---|
| Inclinación del ecuador solar con la eclíptica .... ............ | 7° 15'. |
| Diámetro aparente medio ....... | 32' 04", máximum 32' 36", mínimum 31' 32". |
| Paralaje horizontal media ....... | 8",86. |
| Peso ............. .......... | 330.000 veces el de la Tierra. |
| Trabajo mecánico del Sol en la superficie terrestre........... | Equivalente á 543 millares de máquiuas de vapor de 400 caballos. |
| Trabajo total.................. | 2.000 millones superior al que antecede. |
| Movimiento anual de traslación.. | 6.0000.000 de leguas. |

# Agrimensura Legal

POR DON CARLOS BURMEISTER

Catedrático de la asignatura en la Facultad de Matemáticas

## INTRODUCCION

Estando preceptuado por los artículos 14 del Reglamento General de Enseñanza Secundaria y Superior, el estudio de la " Legislación relativa á tierras públicas, servidumbres, etc." para complementar el curso de Ingeniero Geógrafo y Agrimensor, el Consejo de Instrucción Secundaria y Superior ha fundado la cátedra de Agrimensura Legal, llamada á difundir el conocimiento de esa materia, haciendo de ella un curso especial.

Las leyes y disposiciones relativas á la Agrimensura, tierras y servidumbres, se encuentran relacionadas en los reglamentos, colecciones legislativas y códigos en vigencia, y no es posible ordenar su estudio sin recopilarlas, acompañándolas de los comentarios necesarios para obtener un conocimiento práctico de ellas.

Con ese fin he resuelto emprender este trabajo, que será la base para producir en la oportunidad debida un texto nacional, destinado á abordar el estudio de la " Agrimensura Legal ". La falta de preparación en materia tan complicada y completamente nueva en nuestros estudios, será mérito para que se disimulen muchos defectos que procuraré subsanar en los cursos sucesivos, hasta obtener una producción que responda ampliamente á las exigencias de tan importante estudio.

Entretanto, me limito á dar á este trabajo el carácter de ensayos y conferencias sobre Agrimensura Legal, sirviéndome para el desarrollo de la materia, de los procedimientos más claros que han seguido los autores más modernos, y utilizando en los casos

necesarios, las consideraciones de esos autores que juzgué poder aplicar á nuestra Legislación.

I. *Importancia de este estudio.* — Hasta hace muy pocos años, el rol de los agrimensores en nuestro país ha sido absolutamente automático, y aun en la presente época, la mayoría del gremio entiende que su cometido se reduce estrictamente al de simples medidores, sin serles dado entrar á examinar, estudiar y considerar ciertas cuestiones de derecho tan íntimamente vinculadas con los hechos, que sólo al topógrafo impuesto de la variedad de detalles que ellos encierran y del grado de valor que cada uno tiene, le es dado resolverlos con acierto.

Son muchos los ejemplos que podrían citarse de casos que se han resuelto, después de haberse sostenido un pleito oneroso durante una serie indeterminada de años, con el concurso y el auxilio de agrimensores que posesionados de su rol, han abordado el estudio del litis, analizando el derecho de cada contrincante sobre cada uno de los hechos en cuestión, y señalando desde luego gráficamente la extensión y alcance de ese derecho sobre cada uno de los hechos.

No se puede llegar á ese fin, sin aplicar el derecho á los hechos, mediante el pleno conocimiento de ambos. Pero, para llegar á ese conocimiento, no basta el que se obtiene por la simple rutina en el ejercicio profesional: necesario es poseer previamente una noción de lo que es el derecho en sí, mediante el estudio de todas las leyes y disposiciones que existen sobre propiedad territorial.

De aquí surge la necesidad de formar un curso especial de esta materia que, por su objeto y su fin, se denomina "Agrimensura Legal".

La "Agrimensura Legal" es la ciencia que trata de las relaciones que existen entre el derecho y los hechos, en todo lo que se refiere á la propiedad territorial.

Estudia el derecho en cuanto éste se relaciona con la propiedad territorial, para lograr un conocimiento pleno de todo lo que á ella se refiere, analiza los hechos en sus diversas manifestaciones en cuanto dependen del derecho, y á renglón seguido establece la relación que entre ambos existe, para demostrar gráficamente el grado de valor de cada uno.

II. *División del estudio.* — Para poder ordenar el estudio de este curso, lo dividiremos en seis partes, á saber:

1.ª De los deberes, facultades y atribuciones de los topógrafos en general.

2.ª Ley orgánica de las oficinas técnicas y organización de las mismas.

3.ª De la propiedad.

4.ª Extensión del derecho de propiedad.

5.ª Limitación del derecho de propiedad.

6.ª De otros derechos en las cosas.

— El estudio de cada una de estas cuestiones lo acompañaremos de una reseña práctica que sirva de complemento de las teorías que se desarrollen.

# TÍTULO I

## De los deberes, facultades y atribuciones de los topógrafos en general

## CAPÍTULO I

### DE LOS INGENIEROS GEÓGRAFOS, AGRIMENSORES Y DE LOS TITULADOS TASADORES

I. *Reseña histórica.*—El Ingeniero geógrafo es el perito que se encuentra habilitado para ejecutar toda operación geodésica ó topográfica, tendente á obtener un perfecto conocimiento del todo ó parte de la tierra.

El Agrimensor es el perito habilitado para entender en las operaciones topográficas del terreno y servir de poderoso auxiliar al geógrafo en las geodésicas.

El Tasador es el perito que ha sido facultado para entender en el aforo de los bienes inmuebles y construcciones en general. Pero las tasaciones no constituyen una profesión: son funciones periciales anexas á ciertas profesiones (art. 17, ley 14 de Julio de 1885). Sin embargo, por disposición de 23 de Diciembre de 1891, el Gobierno declaró válidos para los efectos legales los certificados de tasadores expedidos por la Dirección General de Obras Públicas hasta el 31 de Julio de 1891.

También pueden desempeñar el cargo de tasadores, los ingenieros en general, los arquitectos y los constructores.

El origen de la Agrimensura puede decirse que es remoto, pues data desde la época en que los pueblos primitivos, por circunstancias y necesidades del momento, se vieron en la precisión de medir la tierra.

El primitivo nombre que se daba á la Agrimensura era el de *geómetra*, compuesto de dos palabras griegas: *geo*, que significa tierra, y *metro*, que significa medida, ó sea el arte de medir la tierra, llamándose geómetras á los agrimensores.

Las opiniones respecto al origen de esta ciencia están sumamente en desacuerdo, pues, mientras Herodoto y Estrabón la atribuyen á los egipcios, el celébre historiador Josefo la atribuía á los hebreos. Cualquiera que sea el pueblo que la inició, no cabe duda de que el que logró llevarla á un verdadero grado de cultura fué el pueblo egipcio, preparado para ello por sus conocimientos especiales en astronomía y geometría, y por la necesidad de restablecer los inmuebles y asignar á cada uno el suyo, debido á los periódicos desbordamientos del Nilo, que borraba completamente los vestigios de la propiedad por efecto de ese fenómeno hidrológico.

II. *Importancia de los topógrafos.* —Las especiales consideraciones que en épocas lejanas y aun recientes, se han guardado á los topógrafos, concediéndoles privilegios y exenciones por los Emperadores Romanos, Reyes Católicos de España y aun por el extinguido Consejo de Castilla, demuestran la importancia de esta profesión, sobre cuyo ejercicio descansa la base de la titulación de la propiedad.

Desde su estado primitivo hasta el momento en que es considerada, la propiedad no ha podido desmembrarse sin el concurso del topógrafo, que debe concurrir á medirla, deslindarla y fijar su verdadera ubicación.

El rol que desempeña en este caso es extraordinariamente delicado, y la confianza que impone su cargo llega al extremo de dársele en muchas naciones, á su testimonio, el mismo valor legal que tiene un documento refrendado por un escribano público, en los asuntos inherentes á la profesión.

La Topografía es un poderoso auxiliar de la agricultura. Estudia todos los detalles del terreno para fraccionarlo en pequeños lotes destinados á la labor, procurando asignarle á cada uno una parte proporcional de la tierra de labor alta y baja, agüadas, montes, manantiales, etc., que contiene el terreno, á fin de que esté dotado de los beneficios y ventajas que él ofrece; deslinda y amojona los límites de la propiedad para evitar las usurpaciones que determinan generalmente pleitos ruinosos; estudia las superpo-

siciones y señala el origen de la detentación; proporciona inestimables datos á la Estadística para organizar los cuadros necesarios para la mejor distribución y aplicación de los impuestos; practica el trazado de pueblos y colonias en armonía con las necesidades de cada localidad; afora el valor de la propiedad, ya sea á los efectos de los impuestos que se recaudan ó ya para ser equitativamente adjudicada en las particiones y como base para la venta y ejecuciones judiciales.

Sin el concurso de buenos topógrafos, no podrá nunca sanearse la propiedad ni podrán resolverse las dudas que sobre ella ocurran. La misma recaudación de la Contribución Inmobiliaria nunca podrá regularizarse en nuestro país si no se utiliza el concurso de los Ingenieros geógrafos y Agrimensores como jefes de las oficinas receptoras, pues por sus especiales conocimientos podrán formar los Registros gráficos departamentales, inscribiendo en ellos la propiedad de cada contribuyente y estimar el valor real de la propiedad en cada caso particular.

## III. ESTUDIOS Y CIRCUNSTANCIAS PARA OBTENER LOS TÍTULOS

*Del Ingeniero geógrafo* — La carrera del Ingeniero geógrafo ha sido creada por el Reglamento General de Enseñanza Secundaria y Superior de fecha 12 de Mayo de 1890, y sus estudios se dividen en dos partes, á saber: Preparatorios y superiores, abrazando un período de seis años.

Los estudios preparatorios, con arreglo al artículo 7.º, duran tres años y se distribuyen de la manera siguiente:

*Primer año* — Geografía, Atritmética, Gramática Castellana, Francés é Inglés, primer curso; Gimnástica.

*Segundo año* — Francés é Inglés, segundo curso; Algebra, Física, primer curso; Cosmografía, Dibujo lineal, primer curso; Gimnástica.

*Tercer año* — Geometría y Trigonometría; Física, segundo curso; Química, primer curso; Dibujo lineal, segundo curso; Mineralogía y Geología, Curso de revisión y ampliación de las Matemáticas elementales, Gimnástica.

Los estudios superiores con arreglo al artículo 14, durarán tres años, y comprenden el programa siguiente:

*Primer año* — Algebra superior y Trigonometría esférica, Geometría descriptiva, primer curso; Geometría analítica, Física ampliada, Dibujo descriptivo, topográfico, lavado.

*Segundo año* — Geometría descriptiva, segundo curso; Cálculo diferencial é integral, Topografía, Práctica de Topografía, Dibujo: sombras, perspectiva, cortes y topográfico.

*Tercer año* — Geodesia é Hidrografía, Legislación sobre tierras, servidumbres, etc., etc.; Práctica de Geodesia y Catastro.

La enunciación del programa que precede es bastante para dar una idea del vasto plan de estudios que abarca la carrera del Ingeniero geógrafo y la trascendental importancia de ella en nuestro país, donde todo está por hacerse.

Nuestros Ingenieros geógrafos en no lejanos tiempos desempeñarán un rol importantísimo en el desenvolvimiento de los trabajos que han de servir de base á la ejecución del Catastro, y estarán habilitados para entrar de lleno en esta operación y prestar á todo el país valiosísimos servicios en este ramo, que constituye uno de los resortes más interesantes de la administración pública.

La importancia de esta carrera en nuestro país está prácticamente demostrada.

Mientras los Ingenieros civiles y en general los de las diversas especialidades en que está subdividido el ramo de la Ingeniería, han tenido que apelar á los puestos públicos para poder ejercer su profesión, debido á la inercia total de trabajo, los Agrimensores han vivido constantemente en actividad profesional, y los mismos Ingenieros para poder sostenerse han tenido que convertirse en topógrafos. Esto prueba de un modo evidente que siempre habrá, especialmente, campo de acción para el Ingeniero geógrafo, por la naturaleza de sus conocimientos y por las necesidades inmediatas de nuestro país.

*Del Agrimensor.* — Es la primera carrera que fué reglamentada, y desde el año 1831 se exigió á estos operantes examen de suficiencia. Esto demuestra la preferente atención que se le dispensaba á esta profesión, de cuyo ejercicio dependía el arreglo de la propiedad territorial.

Hasta el año 1831 la Agrimensura la desempeñaban antiguos pilotos de mar á quienes se les daba autorización para ejercer esta

profesión una vez comprobada su competencia como pilotos, con los certificados y diplomas necesarios.

Pero al reglamentarse el 19 de Diciembre de 1831 las atribuciones y deberes de la Comisión Topográfica creada por decreto del 13 del mismo mes, se preceptuó en el artículo 2.º:

"Todo Agrimensor que se halle en ejercicio con títulos de tal ó con autorización del Gobierno, ocurrirá á la Comisión en el término de 40 días contados desde la fecha para la revalidación de sus despachos, *pero en lo sucesivo el que solicite ejercer la profesión deberá sufrir formal examen en los elementos de topografía, geodesia y dibujo descriptivo.*"

Las necesidades locales determinaron esta exigencia en los primeros pasos de nuestra vida pública, pues la propiedad se desmembraba rápidamente de manos del Estado y era necesario rodearla de las garantías indispensables para que se enajenara regularmente, exigiéndole al Agrimensor un examen especial de competencia.

## IV. DE LAS PRUEBAS DE SUFICIENCIA EXIGIDAS AL AGRIMENSOR

De manera que hasta el presente los Agrimensores han desempeñado un rol importante en nuestro país y sus servicios han sido solicitados hasta con prelación á los mismos Ingenieros, pues aun cuando sus conocimientos son menos vastos, había la conciencia de que poseían cuando menos los necesarios para desempeñar su cargo con competencia, pues estaban obligados á rendir examen de suficiencia, no sucediendo otro tanto con los Ingenieros, á quienes se inscribía como tales y se les autorizaba para ejercer su profesión sin previo examen y con la presentación de títulos que en muchos casos son de dudoso valor legal, é insuficientes para acreditar competencia.

Cierto es que en esas inscripciones hay honrosas excepciones, pero son los menos y los interesados se han hecho cargo de salvarlas, solicitando el título de Agrimensor, previo examen.

El programa de estudios que rigió hasta la época en que se creó la Facultad de Matemáticas, esto es, hasta el año 1887, fué el siguiente:

Aritmética; Algebra hasta las ecuaciones de segundo grado inclusive, con la resolución de los problemas que producen estas ecuaciones y comprendiendo la serie binominal y las que se necesiten para el cálculo de las tablas logarítmicas; Geometría elemental, incluyéndose los planos y los sólidos; Trigonometría rectilínea, Trigonometría esférica, Proyeción de un plano y cálculo de su superficie por medio de las coordenadas de todos sus vértices, subdivisión de los terrenos, analítica y gráficamente, Nivelación, Principios elementales sobre las proyecciones de cartas geográficas é hidrográficas, Geometría analítica; Secciones cónicas; Cosmografía, traza de meridianos y medición de bases; Instrumentos, incluyendo los de reflexión, su teoría, rectificación y uso sobre el terreno; Dibujo lineal y topográfico; Legislación vigente.

No existiendo facultad especial para cursar estos estudios, los aspirantes los hacían libremente y concurrían á dar los exámenes por ante la Comisión Topográfica y la Dirección General de Obras Públicas, de acuerdo con el artículo 2.° de la ley de 19 de Diciembre de 1831 y artículo 5.° de la ley de 22 de Enero de 1864.

Los exámenes se dividían en dos partes, á saber: examen teórico y examen práctico, y se circunscribían al examen general de todas las materias que abarcaba el programa.

Creada la Facultad de Matemáticas se reglamentó el estudio de la Agrimensura, dividiéndose el curso preparatorio en tres años, con las mismas asignaturas que las del Ingeniero geógrafo, y el curso superior en dos años, con arreglo al programa relacionado en el artículo 14 del Reglamento de fecha 12 de Mayo de 1890.

Artículo 14. *Primer año.* — Geometría analítica plana, Trigonometría esférica, Topografía, Dibujo topográfico.

*Segundo año.* — Trabajos de Catastro, Nociones sobre trazado de caminos, Agrimensura Legal, Práctica de Topografía.

V. *Del Tasador.* — Con arreglo al artículo 1.° del Reglamento de Constructores y decreto del 20 de Septiembre de 1880, se autoriza el ejercicio de la profesión de Tasador á todo aquel que acreditare su competencia como tal, con tres certificados autorizados por peritos inscritos, y presentare una relación legalizada de las tasaciones, oficiales ó judiciales, que haya efectuado y hubieren sido aprobadas, debiendo pasar de seis el número de ellas y refiriéndose á otros tantos nombramientos hechos por separado.

" En defecto de esos antecedentes podrá hacerse la inscripción por la Dirección General de Obras Públicas, previo un examen ante la mesa que nombrará al efecto y de acuerdo con un programa que preparará y hará publicar la Dirección. "[1]

El programa formulado por la Dirección General de Obras Públicas fué el siguiente: " Escritura, idioma español, dictado; *Aritmética:* Numeración decimal, las 4 reglas, pruebas de las operaciones, quebrados y fracciones decimales, sistema legal de pesas y medidas, relaciones de las medidas antiguas con las modernas y conversión recíproca de unas con otras, Intereses, descuentos y reglas de sociedad, proporciones; ejercicios de cálculos; *Geometría:* Preliminares, definiciones, cálculo de superficie, de polígonos, círculo y elipse, volúmenes de los prismas, cilindros, pirámides y conos rectos, oblicuos, esfera y elipsoide, superficie de estos sólidos, ejercicio de avaluación numérica de superficie y volúmenes, materiales empleados en el país, procedencia, valor, uso comercial para la venta, análisis de los precios, medición y tasación de un edificio, dibujo lineal. "[2]

Como se observa, por el programa que precede los tasadores poseen conocimientos generales sobre los diversos asuntos que deben considerar y están habilitados para cumplir debidamente su cometido.

Como lo hemos observado al principio de esta reseña histórica, las tasaciones no constituyen propiamente una profesión, y en este sentido los tasadores sólo son peritos auxiliares de ciertas profesiones liberales, con funciones muy limitadas, que hemos considerado deber comentar para que queden perfectamente deslindadas. Es ésta la razón por que hemos dedicado á este ramo un párrafo especial, destinado á llamar exclusivamente la atención de los que discienen nombramientos á los *titulados tasadores*, para que se den cuenta de las limitadas atribuciones que tienen, en virtud de la autorización que se les ha otorgado para ejercer el cargo de tasadores.

No debe exagerarse el alcance y cometido del Tasador, como se exagera vulgarmente en la práctica de la profesión, confiriéndole cargos y comisiones técnicas conjuntamente con las tasaciones, que son completamente del resorte del Agrimensor ó Ingeniero geó-

1. Criado: tomo VI, página 202.
2. Memoria del año 1886 de la Dirección General de Obras Públicas, página 40.

grafo. Cuando para poder valuar un inmueble de forma irregular sea necesario proceder al cálculo trigonométrico ó analítico de la superficie ó volumen del mismo, no se deben utilizar los servicios exclusivos del Tasador, sino también, los del Agrimensor ó Ingeniero geógrafo, y si el cometido le está conferido á uno ó más peritos tasadores y Agrimensores, estos últimos no deben tolerar la intervención del Tasador en las operaciones de mensura, pues por su título y conocimientos está inhabilitado. — Observamos en el ejercicio de la profesión, que lo mismo se comisiona á un Ingeniero de manufacturas ó industrial, para desempeñar una comisión en asunto de minas, que se comisiona á un Ingeniero de minas para desempeñar una comisión de caminos, puentes, calzadas ó ferrocarriles.

Que por el mero hecho de poseer un sujeto un título de Ingeniero de tal ó cual especialidad ó ramo, se le confieren trabajos y comisiones para ramos completamente distintos y de los cuales no tiene ni una idea general. Este pernicioso sistema, implantado en todo el país y sobre todo en los Poderes públicos, debe ser combatido de un modo tenaz, pues en el ejercicio de la práctica trae aparejados funestos resultados. El naufragio de todas las empresas y comisiones que han emprendido los gobiernos en nuestro país, reconoce por causa el haberse utilizado los servicios de Ingenieros completamente incompetentes en el ramo que se les encomendaba, y si no se reacciona sobre ese abusivo sistema, si no se utiliza rigorosamente la especial competencia profesional de cada uno, para el asunto de que se trata, continuará relajándose el ejercicio profesional y no contaremos en el porvenir con especiales competencias para cada ramo.

Una de las profesiones en que más se observa este relajamiento, es precisamente en la de la Agrimensura, que aparentemente parece la más humilde y sin embargo es la más delicada.

En el ejercicio de la profesión han actuado como topógrafos los Ingenieros de cada uno de los ramos en que está subdividida la Ingeniería, los Arquitectos y los Constructores, sin tener la preparación especial que requiere este ramo y sobre todo la práctica que les es indispensable para desempeñar con acierto su cometido.

Esa falta de preparación en general ha determinado errores de consideración en las operaciones, originándoles á los interesados graves perjuicios, que han tenido que soportar pacientes, ocurriendo

de nuevo á los Agrimensores para rectificar los errores de superficie y ubicación.

Para salvar estas prácticas abusivas, es preciso que los Ingenieros geógrafos, como los Agrimensores, nieguen su concurso colectivo á toda operación geodésica ó topográfica que no sea desempeñada por los colegas del ramo, así como renuncien todo cargo que indebidamente se les confiera sobre asuntos profesionales ajenos á su carrera.

En cuanto á los Tasadores, con la promulgación de la ley de Enseñanza Superior y Secundaria, quedó suprimida esta carrera y sólo pueden ejercerla los que antes del año 1891 habían sido inscritos como tales.

## CAPITULO II

### DEBERES

I. *Responsabilidades y penas.* — Nadie podrá ejercer la profesión sin haber sido debidamente titulado [1].

A los Jefes Políticos les fué encomendada la fiscalización de esta prescripción, ordenándoseles por la circular que á continuación se transcribe, prohibieran el ejercicio de la profesión de Agrimensor á los individuos que no estén debidamente autorizados:

Montevideo, Noviembre 18 de 1862.

Señor Jefe Político del Departamento de..........

En la necesidad de legalizar las operaciones practicadas por los Agrimensores públicos y mientras se adopten medidas eficaces para el cumplimiento de lo prescrito en los artículos 2, 4, 5 y 6 del decreto de 19 de Diciembre de 1831, de los cuales se adjunta á V. S. una copia autorizada, el Poder Ejecutivo ha dispuesto se prevenga á V. S. que no debe permitir en adelante se practiquen en el mismo operaciones de mensura por individuos que no estén de-

1. Artículo de las instrucciones.

bidamente autorizados, y al efecto se remite también á V. S. copia de la nómina de Agrimensores cuyos títulos se encuentran registrados hasta la fecha en la Comisión Topográfica y á la cual se agregarán sucesivamente por esa oficina los nombres de aquellos que los avisos oficiales hagan saber que han sido autorizados para ejercer la profesión.

Dios guarde á V. S. muchos años.

*Carlos Carvallo.* "

No es, pues, libre el ejercicio de la profesión del Ingeniero geógrafo y Agrimensor, ni de ninguna profesión que requiera título académico; pudiendo ser multados todos los que la ejerzan sin estar debidamente facultados, con arreglo al artículo 184 del Código de Instrucción Criminal, que prescribe: "El que se arrogare títulos académicos, ejerciere sin legítima autorización profesiones para cuyo desempeño las leyes requieren una habilitación especial, será castigado con multa de cien á doscientos pesos."

Las únicas penas que se imponen á los topógrafos por las disposiciones vigentes, son las establecidas en los artículos 1228 y 1232 del Código de Procedimientos, y 52 y 55 de las Instrucciones vigentes.

"*Artículo 1228.* — La Dirección General no demorará el despacho de su informe aunque no haya recibido el duplicado del Agrimensor. Ella debe expedirse, sin perjuicio de exigirlo, imponiendo al Agrimensor remiso la pena de un año de suspensión, establecida en las disposiciones de la materia."

Esta obligación y pena están preceptuadas de acuerdo con el decreto de fecha 12 de Abril de 1866, cuyo texto es el siguiente:

"*Decreto.* — Estando determinado por el Superior Decreto de fecha 19 de Diciembre de 1831, que los Agrimensores públicos hayan de remitir á la Comisión Topográfica el duplicado de las operaciones de mensura que practicaren y expresando á la vez el citado decreto que los Agrimensores que ejerzan aquel cargo sea previo el examen que corresponde, el Gobernador Delegado acuerda y decreta:

" Artículo 1.° Desde esta fecha queda autorizada la Dirección General de Obras Públicas para hacer efectivo lo dispuesto en el artículo 4.° de aquel decreto, suspendiendo de su oficio por el término de un año á los Agrimensores que no dieren cumplimiento á lo que en él se preceptúa.

" Art. 2.° Todos los Agrimensores que hayan sido patentados sin rendir el examen científico requerido, están en la obligación de verificarlo dentro del plazo de tres meses, á contar desde la fecha, so pena de ser inhibidos de ejercer el oficio en todo el territorio de la República.

" Art. 3.° Los Ingenieros Civiles que ejerzan la carrera en el país, quedan de igual modo obligados á presentar sus diplomas á la Dirección General de Obras Públicas para ser registrados debidamente.

" Art. 4.° Comuníquese, etc.

VIDAL.
*Daniel Zorrilla.* "

Se encuentra también comprendido en la pena establecida por el artículo 1228 citado, el caso en que el Agrimensor no verifique ó subsane dentro del término que se le señale, las inexactitudes ó faltas que se le observaren por la Dirección.

" *Artículo 1232.* — Si la Dirección General observare alguna inexactitud ó falta en la parte facultativa de la operación, que el Agrimensor debe rectificar ó subsanar, el Juez le mandará que así lo verifique dentro del término prudencial que le señale, bajo la pena á que se refiere el artículo 1228, y que le impondrá el mismo Juez haciéndola pública. "

Es ésta una prescripción de carácter disciplinario que tiene por objeto el obligar en todos los casos, á que el operante sin mayor dilación cumpla las observaciones apuntadas por la oficina del ramo, evitando así la natural demora que tendrían que sufrir los expedientes si le fuese dado al Agrimensor entrar á discutir y juzgar las observaciones de la Dirección.

El operante podrá refutar esas observaciones una vez subsanadas, y hasta protestar por ante el Juez comitente contra cualquier procedimiento que considere improcedente ó arbitrario, dejando á salvo

sus derechos para hacerlos valer una vez que haya dado cumplimiento á lo ordenado.

Éste es un derecho que no está consagrado en ninguna disposición vigente, pero es un derecho natural, un derecho de legítima defensa, que puede ejercerse en todo tiempo sin violar las disposiciones vigentes.

" *Instrucción vigente.* — Artículo 52. En caso de que un Agrimensor incurriese en la pena de suspensión de su profesión, la Dirección dará cuenta al Gobierno para su resolución, elevando todo lo actuado. "

Resulta de este artículo, que no le compete á la Dirección decretar la suspensión de un Agrimensor en el ejercicio de la profesión, en ningún caso, pues es el Gobierno el que debe decretarla en virtud de los antecedentes que eleve la Dirección; la cual deberá instruir un prolijo sumario, contraído á hacer luz en el asunto que denuncie al Gobierno.

Independiente de las penas de suspensión derivadas expresamente por la causal contenida en el artículo 1228 del Código de Procedimientos, está la preceptuada por el artículo 55 de las Instrucciones, que establece: " La Dirección no dará antecedentes para nuevos trabajos y retendrá en su oficina para estudiar todas aquellas operaciones que aparezcan comenzadas por el mismo Agrimensor después del día en que se le hizo aquella notificación, hasta que venga evacuada por él la diligencia, salvados los errores, llenadas las omisiones y hechas las operaciones que se le hayan exigido para el trabajo ordenado. "

Se refiere este artículo á la notificación de que trata el artículo 1232 del Código de Procedimientos, decretada por el Juez comitente, y establece una pena independiente de la relacionada en este artículo, puesto que él se refiere á la suspensión de un año ( artículo 1228 ), y el artículo 55 prohibe el otorgarle antecedentes para nuevos trabajos al Agrimensor, ni examinar nuevas operaciones hasta tanto no haya cumplido lo que se le ordene; esto es, por una época subordinada al tiempo que se tome el operante para cumplir con lo que se le haya impuesto.

Es indudable que la limitación que debe observar la Dirección en este caso, no dándole personería al Agrimensor, importa para éste una suspensión indirecta, pues sin los antecedentes de la Di-

rección no podrá ejecutar nuevas operaciones judiciales y las que ejecute no serán examinadas hasta tanto no cumpla con lo ordenado.

Las penas establecidas en las disposiciones citadas no son suficientes para reprimir los abusos que puedan cometerse en razón de ineptitud y mala fe.

Se han hecho tentativas para legislar sobre este delicado punto, y todas han sido infructuosas, levantando serias resistencias entre las personas llamadas á deliberar sobre el particular.

Serias y muy serias son las consecuencias derivadas de una mala operación, si se consideran los perentorios términos que fijan nuestros Códigos para la prescripción (artículos 1653 á 1655 del Código Civil), y sin embargo no se han tenido en cuenta las responsabilidades de los Agrimensores para poner correctivo á tantos abusos, que más por desidia que por mala fe se cometen, contando con la impunidad. Pero esta impunidad no existe si se tiene presente lo dispuesto por las leyes de Partida 7.ª, título VII, ley VIII, que prescribe que el Agrimensor que ya en una venta ó repartición de terreno ó en cualquier otro caso análogo, dé á uno de los partícipes más de lo que le corresponda, si el agraviado no puede recobrar del otro lo que se le ha adjudicado injustamente, el Agrimensor está obligado á pagárselo, además de tomar el Juez con él la providencia que estime conveniente, según la mayor ó menor importancia del hecho.

Vemos, pues, que en sana justicia, á pesar de no haber legislado expresamente nuestros Códigos sobre las responsabilidades de los Agrimensores, y á pesar de la resistencia que ha opuesto la Oficina del ramo no queriendo reglamentar este tópico, con todo, fácilmente se puede ocurrir á las leyes de Partidas y castigar severamente á los operantes que por impericia ó mala fe faltan á su deber.

Las instrucciones vigentes en su art. 46 marcan un límite para los errores de medida excesivamente exagerado, y del que tendremos ocasión de ocuparnos al comentarlas.

Todos los errores comprendidos dentro de este límite son tolerables y no imponen responsabilidad al operante.

Pero como por dignidad profesional, el operante no debe aspirar solamente en el ejercicio de su cometido á salvarse de las responsabilidades penales ó pecuniarias, pues están por medio las responsabilidades morales, debe, pues, hacer esfuerzos para sustraerse al

límite de los errores tolerados por el art. 46, como medio de honrar y prestigiar la profesión.

Dados los prolijos procedimientos que se emplean en las operaciones y la exactitud de los instrumentos, se pueden reducir los errores, aun en los casos más extremos, á un tercio del límite fijado, y en general, en la práctica, los operantes prolijos jamás admiten como bien ejecutada una operación cuyo error exceda de 3 por mil en la medida lineal.

II. *Honorarios.* — Lo único que se ha reglamentado en materia de honorarios son los de los tasadores, en el arancel judicial promulgado el 11 de Mayo de 1876 [1] por el Superior Tribunal de Justicia, cuyo texto en cuanto á los tasadores es el siguiente:

PERITOS TASADORES EN TODOS RAMOS

" Art. 2.°. Los tasadores de toda clase de bienes, efectos y valores llevarán una comisión de 1 por °/₀ cuando el importe de la tasación no exceda de cuatro mil pesos. "

" Excediendo de dicha suma, llevará además de la mencionada comisión, á razón de un cuarto por ciento sobre el exceso. "

En las tasaciones ocurre generalmente la necesidad de medirse el terreno ó levantarse un plano de la construcción, si es que tiene cómoda división, y conviene tasar la prenda parcialmente para facilitar esa división.

En este caso se trata de un trabajo completamente ajeno é independiente de la tasación, sin el cual no puede cumplirse ésta; razón por la cual se cobra independientemente, pues requiere un exceso de trabajo que en la mayor parte de los casos tiene más valor que la misma tasación.

En cuanto á los trabajos profesionales en general, no existe arancel y la Dirección General de Obras Públicas como los reguladores nombrados judicialmente proceden generalmente sin base, resultando en las apreciaciones, extremos odiosos que han levantado serias resistencias, perjudicando notablemente los intereses de las partes.

1. Criado, tomo IV, pág. 399.

En los casos en que no haya contrato escrito entre las partes interesadas, corresponde la regulación á la Dirección General de Obras Públicas, de acuerdo con el artículo 48 de las Instrucciones vigentes:

" Art. 48. En caso de negativa ó reparo contradictorio entre los particulares y Agrimensores para el abono de sus honorarios por operaciones de su profesión, y siempre que no haya contrato escrito entre las partes interesadas, la Dirección General de Obras Públicas hará la avaluación del honorario á solicitud de cualquiera de las partes y se estará á dicha avaluación. "

En estos casos, las partes al solicitar la regulación pueden presentarse indistintamente ante la Dirección ó ante el Juez comitente, historiando minuciosamente el trabajo practicado para que pueda tener el regulador base fija en la apreciación.

En defecto de la tarifa y con el fin de que se pueda tener una idea aproximada de los precios que rigen generalmente en la práctica, damos á continuación una relación de ellos.

Éstos están sometidos á variantes producidas por el valor de la propiedad, pues la responsabilidad del operante está con relación á ese valor y no es justo que el honorario que devengue sea igual, por ejemplo, para un solar de 1000 metros, cuyo valor sea $ 10,000.00, que para un solar de la misma área, cuyo valor sea de $ 100.00.

*Solares.* — Tratándose de un número de solares inferior á diez, el precio es de $ 10 á 50, según su extensión y valor.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre | 10 | y | 20 | solares | .................. | c/u. | $ | 6.00 |
| De | 20 | á | 50 | " | .................. | " | " | 5.00 |
| " | 50 | " | 100 | " | .................. | " | " | 4.00 |
| " | 100 | " | 150 | " | .................. | " | " | 3.50 |
| " | 150 | " | 200 | " | .................. | " | " | 3.00 |
| " | 200 | " | 300 | " | .................. | " | " | 2.50 |

Y por una cantidad mayor de 300 solares, de $ 2.00 á $ 1.50, según su valor.

*Chacras y campos de pastoreo.* — Las pequeñas áreas inferiores á 100 cuadras se regulan de modo que resulte un honorario de $ 50.00 por cada día que se invierta, ya en el terreno, ya en el gabinete.

En fracciones de mayor área se observa por lo regular una tarifa igual á la siguiente:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre | 100 | y | 150 | cuadras...... .. | $ 0.60 | por | cada | cuadra |
| " | 150 | " | 200 | " ........ | " 0.55 | " | " | " |
| " | 201 | " | 250 | " ... .... | " 0.50 | " | " | " |
| " | 251 | " | 300 | " ........ | " 0.45 | " | " | " |
| " | 301 | " | 400 | " ........ | " 0.40 | " | " | " |
| " | 401 | " | 500 | " ........ | " 0.35 | " | " | " |
| " | 501 | " | 700 | " ........ | " 0.30 | " | " | " |
| " | 701 | " | 1000 | " ........ | " 0.25 | " | " | " |
| " | 1000 | " | 1400 | " ........ | " 0.18 | " | " | " |
| " | 1401 | " | 1800 | " ........ | " 0.15 | " | " | " |
| " | 1801 | " | 2200 | " . ..... | " 0.12 | " | " | " |
| " | 2201 | " | 2700 | " .... ... | " 0.10 | " | " | " |

Cuando el área está comprendida entre una suerte y 1 ¼ suerte se pagará á razón de $ 260.00 cada suerte.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre | 1 ¼ | y | 1 ½ | se pagará .......... | $ 250 | la | suerte |
| " | 1 ½ | " | 1 ¾ | " " ......... | " 240 | " | " |
| " | 1 ¾ | " | 2 | " " .......... | " 230 | " | " |
| " | 2 | " | 2 ½ | " " .......... | " 220 | " | " |
| " | 2 ½ | " | 3 | " " ........ . | " 210 | " | " |
| " | 3 | " | 4 | " " .......... | " 205 | " | " |
| " | 4 | " | 5 | " " .......... | " 200 | " | " |
| " | 5 | " | 7 | " " .......... | " 195 | " | " |
| " | 7 | " | 10 | " " .......... | " 190 | " | " |
| " | 10 | " | 14 | " " .......... | " 185 | " | " |
| " | 14 | " | 20 | " " .......... | " 180 | " | " |
| " | 20 | " | 30 | " " .......... | " 175 | " | " |
| " | 30 | " | 40 | " " .......... | " 170 | " | " |

Son raros los casos en que puedan presentarse áreas mayores, y en éstos los precios pueden formularse en proporción.

*Divisiones.* — El fraccionamiento, ó sea las divisiones, se cobran por separado, observándose esta tarifa:

Fracciones comprendidas entre

| | | |
|---|---|---|
| 1 y 50 cuadras | c/u | $ 10.00 |
| 50 " 100 " | " " | 12.00 |
| 100 " 300 " | " " | 15.00 |
| 300 " 600 " | " " | 18.00 |
| 600 " 1000 " | " " | 22.00 |
| 1000 " 1800 " | " " | 26.00 |
| 1800 " 3000 " | " " | 30.00 |
| 3000 " 5400 " | " " | 35.00 |
| Entre 2 y 3 suertes | " " | 45.00 |
| " 3 " 4 " | " " | 55.00 |
| " 4 " 5 " | " " | 60.00 |
| " 5 " 7 " | " " | 70.00 |
| " 8 " 9 " | " " | 80.00 |

Y en áreas mayores se observa la misma proporción.

Los precios historiados son para los trabajos judiciales. En los extrajudiciales debe hacerse una rebaja de 20 por °/₀.

*Trazado de caminos.* — Esta operación preliminar y necesaria en el trazado de colonias, demanda estudios previos del terreno, reconocimientos y trazados provisorios que se deben tener en cuenta al considerar el precio por el trazado definitivo.

El precio del trazado es de diez á quince pesos por kilómetro si se trata de camino que debe circular por cuchillas, según sean éstas, más ó menos accidentadas, y de quince á veinte pesos por kilómetro si se trata de caminos que circulen por terrenos más ó menos sinuosos.

*Deslindes, superposición de límites, restablecimiento de mojones, etc.* — Como estas operaciones, según los casos demandan más ó

menos tiempo, á pesar de su magnitud é importancia, no es posible fijar un precio determinado para cada una de ellas, debiendo tomarse como base general la suma de *treinta* ó *cincuenta* pesos por cada día invertido en los estudios, trabajo de gabinete, terreno, etc., dependiendo la cantidad fijada de la importancia y del valor del asunto.

Todos estos precios se entienden libres de todo gasto de transporte, etc., para el operante.

III. *Gastos.* — Se entiende por gastos, los de locomoción, peones y manutención, ínterin dura la operación.

Al iniciarse los operantes en la profesión, por falta de práctica, generalmente ignoran la importancia de estos gastos y la parte económica de ellos, razón por la cual no están habilitados para formular un presupuesto exacto.

Conviene, por lo tanto, dar una idea completa de lo que son los gastos de una operación, y de los medios de verificarlos con la mayor economía posible, pues de este detalle depende fundamentalmente el costo total del trabajo y el tiempo que en él se invierte.

Los gastos suelen variar según los lugares donde se practiquen los trabajos, pero los precios que generalmente rigen en la práctica son los que á continuación se expresan:

IV. *Personal para las operaciones.* — El plantel del servicio de mensura es el siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| 2 peones cadeneros á $ 2.00 c/u. | $ | 4.00 |
| 1 " para banderas, rumbeador. | " | 1.50 |
| 1 " para banderas, de retaguardia. | " | 1.00 |
| 1 porta-instrumento. | " | 1.00 |
| 1 estaquero y acarreador de banderas. | " | 1.00 |
| 1 carrero y cocinero con todo lo necesario. | " | 2.50 |
| 1 caballerizo. | " | 80 |
| Manutención de 8 peones á $ 0.50. | " | 4.00 |
| Íd. del agrimensor y ayudante. | " | 2.20 |
| Suma total de gastos. | $ | 18.00 |

Es el promedio de los gastos diarios en una mensura de mayor ó gran extensión, salvo los casos en que hay necesidad de montear, en los que según la extensión del trabajo se agrega el número de peones necesarios.

Por lo general los peones monteadores devengan $ 1.50 á 2.00 por día, siendo las herramientas de su cuenta.

V. *Parte económica de los gastos.* — Condiciones de los peones. — La primera condición que deben llenar, es no estar ligados por vínculo de parentesco con los dueños del campo, pues en general exigen se les trate con especiales consideraciones que no es posible dispensar sino con perjuicio del trabajo.

Deben munirse de buenos caballos, si es posible de reserva.

*Peones cadeneros.* — Al elegir cadeneros debe darse preferencia á los conocidos por alambradores, que tienen el hábito del tanteo de las líneas, comunmente son sufridos para las marchas á pie é interpretan fácilmente las instrucciones que se les dan. Deben saber contar y escribir, y se dará preferencia á aquellos cuya edad regula entre 20 y 30 años.

La exactitud, así como la economía de tiempo en el trabajo, depende en gran parte del personal que concurre á su ejecución, y por ello se hace necesario tomar especiales precauciones al elegirlos.

Los cadeneros son la llave del trabajo y fácilmente se incurre en un error de cuenta si no auxilian al operante. Hay alta conveniencia en tomar todo género de precauciones para que no se realicen esos errores, producidos en la mayor parte de los casos por los malos sistemas de contabilidad y anotación.

El sistema de contabilidad más seguro es el que se efectúa con once agujas, debiendo el cadenero de atrás llevar una, al arrancar una nueva medida, y diez el de adelante, de modo que en cualquier momento en que el operante quiera reconocer el estado de la cuenta, puede saberlo con el simple reconocimiento de las fichas que lleva el de atrás.

El operador debe anotar en su libreta el número de *manos* que se cuentan para tenerlo presente al fin de la medida, conjuntamente con las fichas sueltas y la fracción de medida que resulte (llámase *mano* la cantidad que forman cada diez agujas).

El uso de dos agujas de bronce de 1.00 á 1.40, según las ondulaciones del terreno, es sumamente útil para facilitar la horizontalidad de la cinta.

Al comenzar el trabajo debe el operador vigilar á los cadeneros, dándoles las explicaciones necesarias para que puedan llenar satisfactoriamente su misión. Estas explicaciones se reducen á las siguientes instrucciones:

1.° Que siempre conserve cada uno de los cadeneros una de las agujas grandes, las que utilizarán en las mayores pendientes para horizontar la cinta.

2.° Que el de atrás dé la voz de cuerda unos cinco pasos antes de llegar á la aguja.

3.° Que en el arranque de cada aguja ó ficha el cadenero de adelante busque siempre la bandera que lo guía, á fin de no separarse de la línea.

4.° En los casos en que existan ramas ú otros objetos que puedan entorpecer la dirección, trate el cadenero de adelante de hacer pasar la cinta por la verdadera línea.

5.° Que en los casos en que pueda perderse de vista la bandera-guía por las ondulaciones del terreno, elijan un objeto natural que les demarque prolijamente la verdadera dirección.

6.° Que al colocar la aguja el cadenero de adelante, se alinee con la bandera de atrás, sin perjuicio de obedecer las señales que le haga el otro cadenero para corregir cualquier error de desviación.

7.° Que terminada una mano de diez fichas, no pasen á medir la inmediata sin avisar al operante el cambio de mano.

8.° Que en ningún caso el cadenero de adelante se haga cargo de todas las agujas, sin verificar que recibe las diez que le corresponden.

*Banderas.* — Los banderas deben munirse de buenos caballos, á fin de acelerar sus comisiones, ser individuos ágiles, de notoria buena vista, y especialmente prácticos y conocedores del terreno que se mide.

INSTRUCCIONES

1.° Desempeñar las comisiones, siempre que el terreno lo permita, al galope.

2.° Antes de partir á colocar cualquier bandera, en los casos de prolongación de líneas, observar la dirección de un rumbo para no situarse fuera de él.

3.° Clavar las banderas en un punto donde pueda colocarse el instrumento, y donde á la par que se vea el punto de estación ó bandera de atrás, se pueda trazar otro rumbo, lo más lejos posible, hacia adelante.

4.° No colocar bandera contra los postes, alambrados ú otros objetos que estorben el instrumento, y clavarlas á un metro de distancia.

5.° Levantar la bandera de atrás una vez que se ha movido todo el personal de la bandera de adelante.

6.° Al sacar rumbos sobre límites naturales, procurar que su dirección cruce el mejor terreno posible, para facilitar la medida sin separarse mayormente de la costa.

7.° En los casos en que se claven banderas con arreglo á señales, una vez que se haya llegado al punto indicado, se moverá de á caballo hasta que se pare la bandera de señal, desde cuyo momento hará el tanteo de á pie. Este tanteo se hará lentamente en el sentido de la señal, y una vez que ésta se invierta aumentará la lentitud hasta que se baje la bandera, lo que indicará encontrarse en la línea.

8.° En los tanteos para entrar en la línea que se establece, debe procurarse por parte del que coloca la bandera no cubrir ésta ni con el caballo ni con el cuerpo, y por parte del que hace las señas, que el punto de estación esté libre de caballos ó de cualquier obstáculo que pueda confundir al que lo observa.

*Porta-instrumento.* — El porta-instrumento debe hacer uso de caballo manso y llevar un estribo de cuero para calzar el trípode. Su misión una vez tomado el rumbo en una estación, es recoger la plomada y marchar *al tranco* á la estación inmediata, hacer las señales á las banderas y arrancar cualquier mata que pueda dificultar la colocación del instrumento.

*Estaquero.* — El estaquero debe munirse de una bolsa con estacas, de una pala y una maceta para señalar los puntos de estación.

Las señales deben hacerse con zanjitas de 0,20 de ancho por 0,10 próximamente de profundidad, haciendo un cuadrado en los números nones y una cruz en los pares, á fin de que si se pierden las estacas, se dé cuenta fácilmente por la forma de la señal del número que le corresponde.

Las estacas deben llevar el número ó letra que les corresponde, hecho de un modo inteligible.

*Caballerizo.* — Su misión es arrear los caballos de los cadeneros y del operante, á cuyo costado debe marchar, para tenerlos listos cuando se necesite hacer uso de ellos y preparar la caballada una hora antes de partir para el trabajo, para poder ensillar con tiempo.

*Carrero y cocinero.* — Le incumbe mudar el campamento toda vez que se le ordene y al punto más aparente que encuentre en el sitio que se le demarque; preparar y conducir la comida del mediodía una hora antes de la fijada, de modo de no demorarla en caso que se desencuentre con los operadores; preparar la comida de la noche y vigilar la caballada durante las horas del trabajo.

*Consideraciones.* — Si en el ejercicio de la profesión no se conocen estas reglas eminentemente prácticas, á cada paso se palparán dificultades que, dilatan la ejecución del trabajo y ponen en peligro su éxito.

Es oportuno explicar aquí la razón por la cual algunos topógrafos invierten la mitad y hasta dos terceras partes de tiempo menos que otros, en sus operaciones, acreditando con ello su celo y actividad, y obteniendo base para realizar el trabajo por precios más módicos.

Todo depende del fiel cumplimiento de las reglas que se han relacionado, pues con ellas se organiza y metodiza el trabajo, se aisla la posibilidad de cometer errores, cuya verificación demanda muchas veces tanto tiempo como la misma operación, y se trabaja sin obstáculos ni dificultades que fatiguen al operante.

Hay, pues, real y verdadera economía de tiempo y de gastos en la ejecución del trabajo, con estas reglas, y como no poseemos

ningún texto de topografía que las indique, he creído oportuno apuntarlas para que las tengan en cuenta los operadores nuevos.

¡Cuántas fatigas, cuántos días de trabajo, cuántos contratiempos y cuántos gastos y verificaciones nos hubiéramos economizado los que ya nos hemos fogueado en el ejercicio de la profesión, si al iniciarnos en ella se nos hubiera demarcado el procedimiento que debíamos seguir con el personal auxiliar del trabajo!

---

# Elementos de Zoología.

POR EL DOCTOR CARLOS BERG.

(Conclusión.)

A los *órganos accesorios del ojo*, en los animales superiores y en el hombre, pertenecen: los *músculos oculares*, destinados á efectuar los diversos movimientos; la *órbita ó cavidad ósea*, los *párpados*, las *pestañas*, la *conjuntiva*, y el *aparato lagrimal*, sirviendo todos éstos para resguardar el ojo ó para limpiar su superficie. En ciertos animales faltan algunos de los órganos indicados ó aparecen otros distintos. Así, los peces y las serpientes no poseen párpados, pero las últimas tienen una cápsula en forma de vidrio de reloj, que cubre la parte anterior del ojo, resguardándola. En las aves, en muchos reptiles y en algunos anfibios hay, por el contrario, tres párpados, de los cuales el tercero, llamado *membrana nictitante* [1], sirve para cubrir el ojo, desde el ángulo interno. También se observa el *tercer párpado* en la mayor parte de los mamíferos, pero solamente en estado rudimentario.

La *visión*, por medio del ojo descrito, se efectúa de la manera siguiente: Los rayos luminosos que salen de un objeto dado, pasan al ojo, donde son refractados principalmente por el cristalino, produciéndose en la retina una imagen diminuta del mismo objeto. La retina en el ojo vivo, es de color rojo, debido á la

1. lat. *nictitans*: que parpadea, pestañea, guiña.

*púrpura de la vista* ó *fotestesina* [1]. Esta substancia se descompone por la luz, pero se renueva continuamente por el cambio de la materia. Por medio de ella se forma, como en una placa fotográfica, la imagen del objeto que se mira, desapareciendo y regenerándose con la renovación de la materia colorante. Persistiendo la irritación de la retina mucho más tiempo que la sensación de la luz, se explica el fenómeno de la retención de las imágenes por algún tiempo. Cualquier estado de irritación del *nervio óptico* produce la sensación de la luz, lo mismo que ciertas acciones mecánicas (presión, golpes, etc.) y eléctricas.

La *percepción de colores* se explica, según la teoría de Young-Helmholtz, admitiendo que todas las sensaciones de los colores están formadas por tres colores fundamentales, que corresponden á las tres fibras nerviosas en que termina cada cuerpo bacilar. La irritación de la una da la sensación del *rojo*, de la otra la del *verde* y de la tercera la del *violeta*. La luz blanca irrita en igual grado las tres fibras, mientras que los demás colores, según su cualidad, producen irritaciones más ó menos fuertes en las distintas fibras. Así, la luz roja irrita con vehemencia las fibras de la percepción del *rojo*, la verde, las del *verde*, y la violeta, las de este color. La luz amarilla irrita sensiblemente las fibras de la percepción del *verde*, poco las del *rojo*, y muy suavemente las del *violeta;* de lo que resulta, que el *amarillo* no es color fundamental, sino una *mezcla de colores*. Lo mismo se puede decir del *azul*, que irrita poco las fibras de la percepción del *rojo*, pero fuerte las del *verde* y del *violeta*.

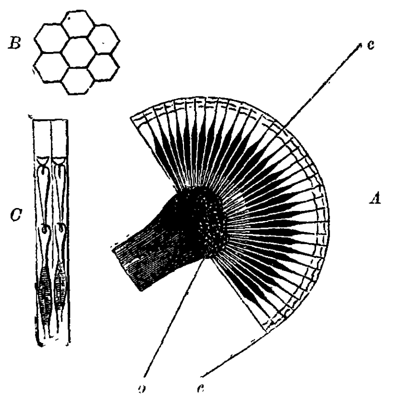
El *ojo compuesto* está formado, en cierta manera, por la reunión de muchos ojos simples, ó por la terminación aislada de los elementos nerviosos, que están rodeados de una capa de pigmento negro. Estos elementos nerviosos se hallan en una especie de pirámides cuadrangulares ó hexagonales, cuyo vértice sigue la dirección del nervio óptico común para todos, y cuya base está dirigida hacia afuera. En su extremidad se halla el cuerpo refractor ó *cono cristalino*, y la *córnea*. Cada pirámide es, en este caso, un *ojo simple*, y sus bases, terminando en una superficie convexa, representan el conjunto del *ojo compuesto*, que también se llama *ojo facetado* (fig. 152).

Esta clase de ojos se encuentran en los artrópodos, principal-

1. gr. *phôs*, *photós*: luz; *aísthesis:* sentido, órgano de sentido.

mente en los insectos, en que se presentan como piezas semiesferoidales, en la cabeza. El número de las pirámides ópticas, que los compone, varía según la especie: en las hormigas es de 40 á 60, en la mosca común como de 4000, en el alguacil ó libélula 12000 y en algunas mariposas y escarabajos hasta 30000. Parece que no son aptos para la producción de imágenes, sino que sirven sólo para la percepción de la luz y de los colores.

Fig. 152.




OJO COMPUESTO.

*A* Corte de todo el ojo. *o* nervio óptico. *c* los ojos simples ó pirámides ópticas.
*B* Vista vertical de siete córneas hexagonales.
*C* Dos ojos simples ó pirámides, con los elementos nerviosos bacilares y los conos cristalinos.
800/1.

Muchos artrópodos poseen, á la vez, las dos clases de ojos, encontrándose los *simples* ú *ocelos* en la frente ó al lado de los compuestos.

En muchos animales, los ojos no se encuentran en la cabeza ó cerca del sistema nervioso central, sino en los costados del cuerpo ó en su parte posterior, como, por ejemplo, en los gusanos *Polyophthalmus* [1], *Fabricia* y *Amphiglena* [2] y en el crustáceo *Euphausia* [3]. Los animales que habitan cavernas ú otros lugares obscuros, carecen generalmente de órganos de la vista, ó los poseen muy poco desarrollados, como los peces *Myxine* [4] y *Lepidosiren* [5], los reptiles *Proteus* [6] y *Acontias* [7], y entre los mamíferos, algunos topos y el *Spalax* [8].

La *glándula pineal* ó *conario* (véase pág. 531, t. III), que DESCARTES consideraba como el asiento del alma, parece ser por las investigaciones modernas, un ojo rudimentario, en que se reconoce bien los elementos ópticos, en varios anfibios y reptiles. En estos animales, se separa durante su desarrollo una parte de dicho órgano, que queda afuera del cráneo, debajo de la epidermis (anfibios), ó

1. gr. *polys*: mucho; *ophthalmós*: ojo. 2. gr. *amphí*: alrededor; *gléne*: pupila, ojo. 3. gr. *éu*: bueno, hermoso; *pháusis*: lustre. 4. gr. *myxinos*: pez mucilaginoso de los antiguos; 5. gr. *lepis, lepidos*: escama; *Seirén*: sirena. 6. mitol. *Próteus*: Proteo. 7. gr. *acontias*: una víbora de los antiguos. 8. gr. *spálax*: topo.

entre el cerebro y el cráneo, debajo del foramen parietal. En el cráneo de muchos batracios y lagartos fósiles, hay una abertura en la parte correspondiente, que ha suscitado la opinión de que la glándula pineal ha funcionado como ojo, en ciertos animales de épocas anteriores.

## B. LOCOMOCIÓN.

### *1. Movimientos en general.*

Los movimientos de partículas sumamente pequeñas, así en el cuerpo orgánico como en la materia en general, han recibido la denominación de *movimientos moleculares* ó *Brownianos.* Fueron descubiertos por el célebre botánico Roberto Brown (1781-1858), y son explicados hoy por las corrientes que producen el cambio de la temperatura y de la densidad del medio, la evaporación, la luz y la afinidad química, en la materia.

Los *movimientos sarcoideos* [1] ó *protoplasmáticos,* son propios al cuerpo de la célula y debidos á su contractilidad; se presentan con el cambio de forma y de lugar, y pueden manifestarse de diversas maneras (véase pág. 474, t. II). Esta clase de acción motora, por el conjunto de *células pigmentosas* ó *cromatóforas* [2], produce varios *fenómenos cromáticos* [3]. En el iris del ojo se manifiesta el color azul por la combinación de una capa de células blancas sobre otra de pigmentosas negras: el negro, al través del blanco, da la apariencia del color azul, que representa varios matices, según la pureza de los dos colores y el espesor de la capa de las células cromatóforas. Siendo la capa superior amarilla, el iris aparece verde, mostrando también varios tonos de colorido, según la intensidad y el espesor de las capas amarilla y negra, y además, según la distribución del blanco y del amarillo. Moviéndose las células pigmentosas de la capa inferior, habrá cambios de colores, lo cual se observa en muchos peces, anfibios y reptiles y, entre éstos, sobre todo en el camaleón. Este animal muestra parcialmente los colores blanco, amarillo, azul, verde, fusco y negro, en varios matices y distribuciones. Los dos primeros colores aparecen, cuando las células pigmentosas obscuras no largan apéndices y se

1. gr. *sarcoeidés*: parecido á carne; de *sarx, sarcós:* carne, y *éidos*: aspecto. 2. gr. *chróma*; color; *phorós*: llevando. 3. gr. *chromaticós*: relativo á colores.

hallan muy retiradas; los dos siguientes, por transparencia, como en el iris, y los dos últimos, por los apéndices de las células pigmentosas negras, que se interponen entre las blancas ó amarillas, ó las sobrepasan. El juego irregular de las células pigmentosas en las distintas partes del cuerpo, produce fajas, líneas, manchas ú otra clase de dibujos. Los *colores de tornasol,* al contrario, son producidos por la reflexión de la luz en células epidérmicas huecas.

Los *movimientos ciliares* y *undulatorios* de ciertas células, membranas é integumento de los animales más inferiores (véase págs. 474, 475, 489 y 490, t. II), se efectúan por las *cilias* ó *pestañas,* que, según los estudios modernos, son muy complicadas en su estructura ú organización.

Además de los movimientos indicados, existen otros, solamente propios al organismo animal, efectuados por los *músculos* y por el *esqueleto,* que constituyen los aparatos de locomoción *activo* y *pasivo.*

### 2. *Aparato locomotor activo.*

El *aparato locomotor activo,* que efectúa el mayor trabajo mecánico en la función de locomoción, se compone de los *músculos,* que vulgarmente llamamos *carne,* y que están formados por el tejido muscular (véase pág. 629, t. II). Los nervios y los vasos sanguíneos están implantados en las masas musculares, que contienen también tejido conjuntivo y grasa (fig. 153).

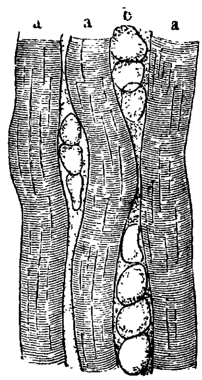
Los *músculos voluntarios* representan generalmente masas bastante compactas ó cuerpos fusiformes; en el integumento son de forma de fajas. Los *involuntarios* son por lo general huecos, representando los órganos vegetativos, como el corazón, el canal intestinal, etc.

La mayor parte de los músculos está en comunicación con piezas más ó menos sólidas, que constituyen el esqueleto. En los animales inferiores, se relacionan con el esqueleto cutáneo, recibiendo el nombre de *músculos cutáneos ó integumentales,* mientras que en los superiores comunican con el esqueleto interno, denominándose *músculos del esqueleto.* Su unión con las piezas sólidas, tiene lugar por medio de fajas ó cuerdas fibrosas, generalmente blancas y lustrosas, llamadas *tendones.* La inserción de los músculos es doble: por medio de sus dos extremidades *(origen* y *término),* saltando una articulación, rara vez más, y transformando

los huesos, por lo general, en palancas de un brazo. La *sindesmología* [1] comprende el estudio especial de la unión de los músculos con las piezas del esqueleto, y la *miología* [2], el de los músculos, que se dividen en muchas categorías, según su función.

La *actividad del músculo* se manifiesta por su *irritabilidad* y *contractilidad.* La primera se verifica por la incitación de las fibras nerviosas; la segunda se debe á la estructura complicada de las fibras musculares y á su substancia fundamental. Cada músculo posee cierto grado de *dilatabilidad* y *elasticidad:* no pasando, en el estado natural, el coeficiente de la primera, el músculo vuelve otra vez á su estado primitivo, en virtud de la segunda propiedad. El músculo contraído aumenta de espesor, consistencia y temperatura, conteniendo doble cantidad de sangre en el estado tetánico, que en el de reposo. La energía ó vigor del músculo depende del número de las fibras que lo componen, por consiguiente, del espesor y no de la longitud. El ejercicio físico, á causa de la nutrición abundante por la sangre, da lugar al engrosamiento de los músculos, en cuyo caso se forman nuevas fibras musculares, sin aumentar el espesor de las ya formadas. A la acción motora muscular favorecen la capa cartilaginosa y la sinovia de las articulaciones, que disminuyen cierta resistencia producida por el roce, y la disposición particular de la articulación, pues siendo la *cápsula articular* hueca y sosteniéndose una pieza ósea en la cavidad de la otra por la presión atmosférica, resulta un descargo notable de la articulación.

Fig. 153.




MÚSCULO CON GRASA.
[Muy aumentado].
*a* fibras musculares.
*b* células grasas.

El fenómeno de la contracción muscular produce también cambio de materia y desarrollo de calor. Hay consumo de gran cantidad de oxígeno, formándose á la vez mucho anhidrido carbónico y ácido láctico, que producen cansancio y sueño, y deben ser expulsados del organismo. La eliminación de estas substancias se verifica principalmente durante el reposo (véase pág. 633, t. II).

1. gr. *syn* · unto; *desmós:* faja; *lógos* tratado. 2. gr. *mys* · músculo, ratón; *lógos* tratado.

### 3. *Aparato locomotor pasivo.*

El *aparato locomotor pasivo* comprende el *esqueleto* formado por piezas más ó menos sólidas; tiene por objeto llevar ó sostener las partes blandas del cuerpo, ó servirles de abrigo y de resguardo. Por otra parte, tiene el fin de proporcionar á los músculos puntos fijos de acción para sus diversas operaciones. El esqueleto es *externo* ó *interno*.

El *esqueleto externo*, llamado también *cutáneo*, reviste la parte superficial del animal, á manera del integumento, del cual se deriva, sea por íntima transformación, sea por secreción de materias sólidas que constituyen una capa de naturaleza especial. En el primer caso proviene de la incrustación del cuerpo blando por medio de sales calcáreas ó silíceas, como en los pólipos ó corales; ó se opera una transformación química y un engrosamiento del integumento, como en los insectos, cangrejos, cientopiés, arañas, etc., en que está formado por quitina y substancias minerales; en los tunicados contiene tunicina ó celulosa animal (véase pág. 7, t. II).

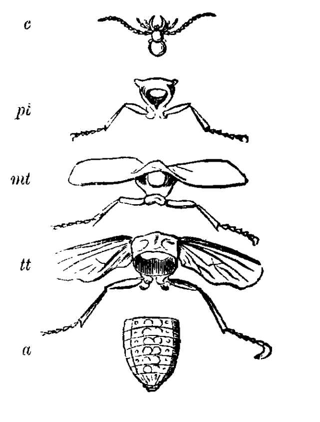
Como órgano especial, procedente de materias de secreción minerales, debe mencionarse el esqueleto cutáneo de los moluscos y moluscoideos, vulgarmente *cáscara*, y los habitáculos de varios gusanos (*Serpúlidos* [1]), que proceden de la secreción cutánea, con agregación de cuerpos extraños, procedentes de afuera.

El esqueleto externo se encuentra principalmente en los invertebrados. Es inmoble y formado por una sola ó varias piezas, como en los caracoles y en los erizos de mar, ó consta de varias partes movibles, como en las conchas y en los animales articulados. En éstos el esqueleto cutáneo es anillado, correspondiendo sus distintas partes á las del cuerpo (fig. 154), ó uniéndose algunas, para representar *placas* ó *escudos*, como sucede en los crustáceos y arácnidos. Muchos anillos ó segmentos del esqueleto cutáneo de estos animales están provistos de apéndices, que pueden ser simples ó no articulados, como los *parapodios* [2], de los gusanos *Cetópodos* [3], ó complicados y articulados, como las extremidades ó patas de los artrópodos [4] (fig. 155). Los músculos se insertan en las paredes internas de esta clase de esqueleto y en las

1. lat. *serpula:* pequeña serpiente. 2. gr. *pará:* junto, al lado; *pús, podós*: pie. 3. gr. *chaîte:* cerda. 4. gr. *árthron*: artículo.

de sus apéndices articulados. En los vertebrados, en que el integumento poco compacto puede considerarse, en el sentido más vasto, como esqueleto cutáneo, la inserción de los músculos en éste es de poco alcance, en comparación con la del esqueleto interno.

Fig. 154.

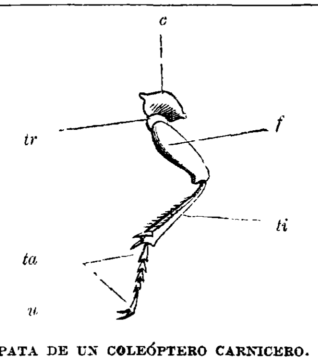



ESQUELETO CUTÁNEO DE UN COLEÓPTERO
*c* cabeza.
*pt* protorax.
*mt* mesotórax.
*ti* 'metatórax.
*a* abdomen.

Como formas transitorias entre las dos clases de esqueletos, debemos considerar las prolongaciones del esqueleto cutáneo hacia el interior del cuerpo, en varios artrópodos, principalmente crustáceos, en que los *apéndices esqueletarios internos* sirven para la inserción de ciertos músculos ó para resguardar la *cuerda abdominal nerviosa*.

Entre los invertebrados, existe un esqueleto interno verdadero, sólo en los cefalópodos ó moluscos superiores. Está representado por la *cápsula cartilaginosa cefálica* ó *cartílago cefálico*, que encierra al cerebro como en una especie de cráneo, y es atravesada por el esófago. Poseen, además, piezas cartilaginosas aisladas en el interior del cuerpo, que sirven para la inserción de músculos ó para el apoyo de ciertas partes del cuerpo.

Fig. 155.




PATA DE UN COLEÓPTERO CARNICERO.
*c* coxis.
*tr* trocánter.
*f* fémur.
*ti* tibia.
*ta* tarso de 5 artículos.
*u* uñas.

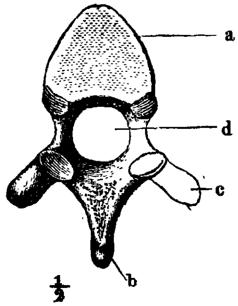
El *esqueleto interno*, característico especialmente para los vertebrados, se compone de muchas piezas determinadas, más ó menos sólidas. En los vertebrados más inferiores y en los embriones de los superiores, su consistencia no es muy notable, mientras que se observa lo contrario en los animales más desarrollados. En los primeros, el esqueleto está formado por el tejido cartilaginoso, y en los segundos, por el óseo, lo cual ha dado lugar á las denominaciones de *esqueleto cartilagi-*

*noso* y *esqueleto óseo*. Ambos ofrecen mucha variedad, según la clase de animal á que pertenecen. Así, el esqueleto de los animales terrestres es más compacto y elástico que el de los acuáticos, y el de las aves contiene mayor cantidad de substancia mineral que el de los mamíferos, etc.

### 4. *Esqueleto de los Vertebrados.*

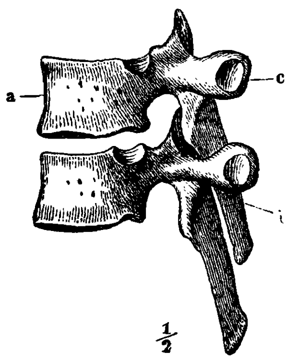
El esqueleto interno varía considerablemente en su organización ó en la estructura de sus diferentes piezas, según la clase de vertebrado á que pertenece. No obstante, se observa un plan de construcción común, como en todos los sistemas vegetativos y

Fig. 156.




QUINTA VÉRTEBRA TORÁCICA.
Vista por debajo.
*a* cuerpo, *b* apófisis espinosa, *c* apófisis transversa con cara articular, *d* foramen medular.

Fig. 157.




DOS VÉRTEBRAS TORÁCICAS
Vistas de perfil.

VÉRTEBRAS HUMANAS.

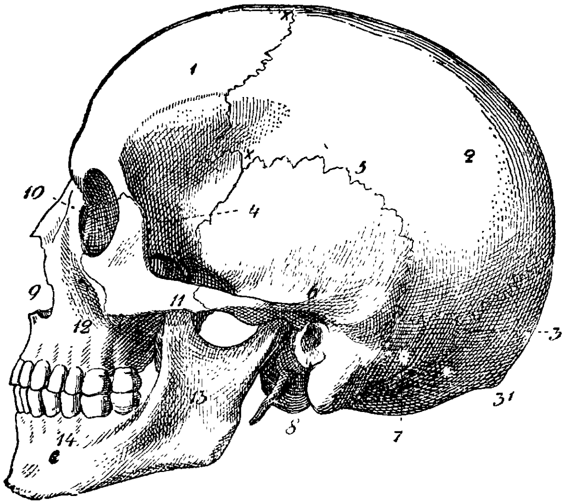
animales, distinguiéndose siempre ciertas partes *esenciales*, más ó menos constantes, ó muy semejantes, y otras *secundarias*, bastante variables ó muy diferentes (véase pág. 638, t. II). El estudio especial del esqueleto de los animales superiores, constituye la *osteología* [1].

En su forma más primitiva, en los peces inferiores (*Leptocardios* [2] y *Ciclostómidos* [3]), el esqueleto está representado por un cordón celular cartilaginoso, la *cuerda dorsal*, y por las *placas fibromembranosas*. Éstas, originándose en la capa conjuntiva fibrosa de aquélla, se dirigen, unas, hacia arriba, para encerrar al sistema

1. gr. *ostéon*: hueso; *lógos*: tratado. 2. gr. *leptós*: delgado; *cardía*: corazón. 3. gr. *kyklos*: ciclo, círculo; *stóma*: boca.

nervioso central, y otras, hacia abajo, para envolver á los órganos de la cavidad del cuerpo. La cuerda dorsal sirve de apoyo á la medula espinal; representa, en cierta manera, á la columna vertebral del esqueleto más completo, y se pierde con la aparición de las vértebras. Un esqueleto primordial de la naturaleza indicada, aparece también durante el estado embrionario de todos los

Fig. 158.



CRÁNEO HUMANO, VISTO DE PERFIL.

1/3 del tamaño natural.

*1* hueso frontal, *2* parietal izquierdo, *3* occipital, *3'* protuberancia occipital externa, *4* ala magna del esfenoides, *5* borde superior de la escama del temporal, *6* hueso temporal, debajo de *6* la abertura del conducto auricular, *7* parte mamilar ó mastoides del temporal, que forma la apófisis mamilar ó mastoides, situada detrás y debajo de la oreja, *8* cóndilo occipital izquierdo, *9* abertura nasal, arriba de la misma el hueso nasal izquierdo, *10* hueso lagrimal izquierdo en la pared interna de la órbita izquierda, *11* hueso cigomático ó pómulo, *12* hueso maxilar superior, *13* rama ascendente del hueso maxilar inferior, *14* cuerpo del hueso maxilar inferior, x — x sutura coronal del cráneo.

vertebrados, y de él se desarrolla el otro, de organización elevada.

En la pared interna de la capa conjuntiva fibrosa, que envuelve la cuerda dorsal, se origina el *cuerpo* de las vértebras, que es cartilaginoso al principio, osificándose más tarde. Los cuerpos vertebrales forman primitivamente una especie de anillos alrededor de la cuerda dorsal, los cuales engrosando poco á poco y atravesando á ésta, la hacen desaparecer y constituyen piezas sólidas, las *vértebras,* de cuyo conjunto resulta la *columna vertebral.* De las placas fibromembranosas que se dirigen hacia arriba, se desarrolla el *arco*

*vertebral* y la *apófisis espinosa*, y de las placas que van hacia abajo, se originan las *apófisis transversas* y las *costillas* á la vez, ó sólo las primeras, según la especie (figs. 156-157).

La parte anterior de la columna vertebral experimenta una transformación, dilatándose el *canal* ó *foramen medular*, para encerrar al cerebro y formar la *parte cefálica* ó *cráneo*. En su estado primitivo, el cráneo se presenta como una cápsula cartilaginosa no articulada (*cráneo primordial*), que encierra en su pared el aparato del oído y posee las cavidades nasal y ocular. Esta clase de cráneo se observa sólo en los peces inferiores (*Ciclostómidos* y *Seláquidos*[1]), — los más inferiores, los *Leptocardios*, no tienen cráneo alguno, — mientras que en los demás ya se desarrolla un cráneo articulado, en unos cartílaginoso, en otros óseo; este último es característico sobre todo para los vertebrados superiores, en los cuales está formado por muchas piezas (figs. 158-163).

Los huesos cráneo-cefálicos proceden de la osificación de los cartílagos del cráneo primordial y de la de las membranas de la cuerda. En la *membrana* ó *vagina externa* de la parte de la cuerda dorsal que entra en la base del cráneo, se desarrollan tres cuerpos óseos análogamente á los de la columna vertebral, que se unen con otros huesos del cráneo, constituyendo piezas anulares, llamadas *vértebras craneales*.

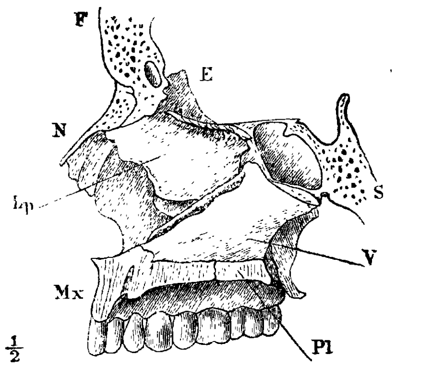
En la parte inferior del cráneo primordial aparecen arcos cartilaginosos ú óseos, que derivan de los arcos ó costillas de la cavidad respiratoria ó visceral, y tienen por objeto proveer de piezas sólidas á la entrada del canal digestivo. En los *Selaquios* este *aparato bucal* es sumamente sencillo, mientras que va complicándose en la escala ascendente, por la articulación y osificación de las piezas existentes, y el desarrollo de otras nuevas. Uniéndose este aparato con el cráneo, queda formada la *cabeza*, en la cual aquél representa la *parte facial inferior* ó *aparato palatinomaxilar* (fig. 159).

A las partes esenciales recién descritas, del esqueleto primitivo de los vertebrados, se agregan otras secundarias, según el desarrollo de la organización del animal. Partiendo de la columna vertebral, se desarrollan las *costillas*, para dar apoyo á la pared del cuerpo, resguardar ciertos órganos internos y ayudar, en varios casos, á la locomoción y respiración. Se originan generalmente

1. gr. *seláche*: tiburón.

en una parte determinada de la columna vertebral, comunicando unas *(costillas verdaderas ó esternales)* directamente con una pieza ósea, el *esternón*, y otras *(costillas falsas ó espurias)* indirectamente; algunas *(costillas fluctuantes)* son muy poco desarrolladas y libres. La región del cuerpo que lleva las costillas, ha recibido el nombre de *tórax*, y su cavidad se denomina *caja torácica*. Al tórax sigue el *abdomen*, y los dos juntos constituyen el *tronco del cuerpo*.

Fig. 159.




APARATO NASAL ÓSEO Y PALATINOMAXILAR DEL HOMBRE.

*F* hueso frontal, *N* hueso nasal, *E* hueso etmoides ó criboso, *Lp* lámina perpendicular del etmoides, *S* esfenoides, *V* vómer, *Pl* hueso palatino, *Mx* hueso supramaxilar.

En el tronco del cuerpo se desarrollan generalmente piezas esqueletarias articuladas, las *extremidades*. Representan órganos especiales de locomoción, por lo común en número de cuatro, dispuestos en pares: uno anterior y otro posterior. Los cetáceos (ballenas, delfines, etc.) carecen de extremidades posteriores, existiendo en su lugar, una *aleta caudal;* en el mayor número de los peces hay además de los dos pares, otros impares, como las aletas *caudal*, *anal* y *dorsal*.

Las extremidades se hallan colocadas y unidas á la columna vertebral ú otras partes del cuerpo, por medio de una especie de arcos, que llamamos *cíngulos*[1] *de las extremidades*. El *cíngulo anterior, humeral ó pectoral*, lleva las extremidades anteriores y se compone principalmente de la *clavícula, fúrcula*[2] *ó hueso yugular*, y del *omoplato ó escápula;* y el cíngulo *posterior ó coxígeo, pelvis*, formado por los huesos *íleon ó de las caderas, isquion ó cía* y *pubis*, lleva las extremidades posteriores. El *hueso sacro*, proveniente de la unión de las *vértebras sacrales*, forma la parte posterior de la pelvis. La unión de los *cíngulos* con el cuerpo, presenta en los peces varias excepciones de la regla común. Así, el cíngulo hu-

1. lat. *cingulum*: cíngulo, ceñidor, cinto. 2. lat. *furcula*: horquilla.

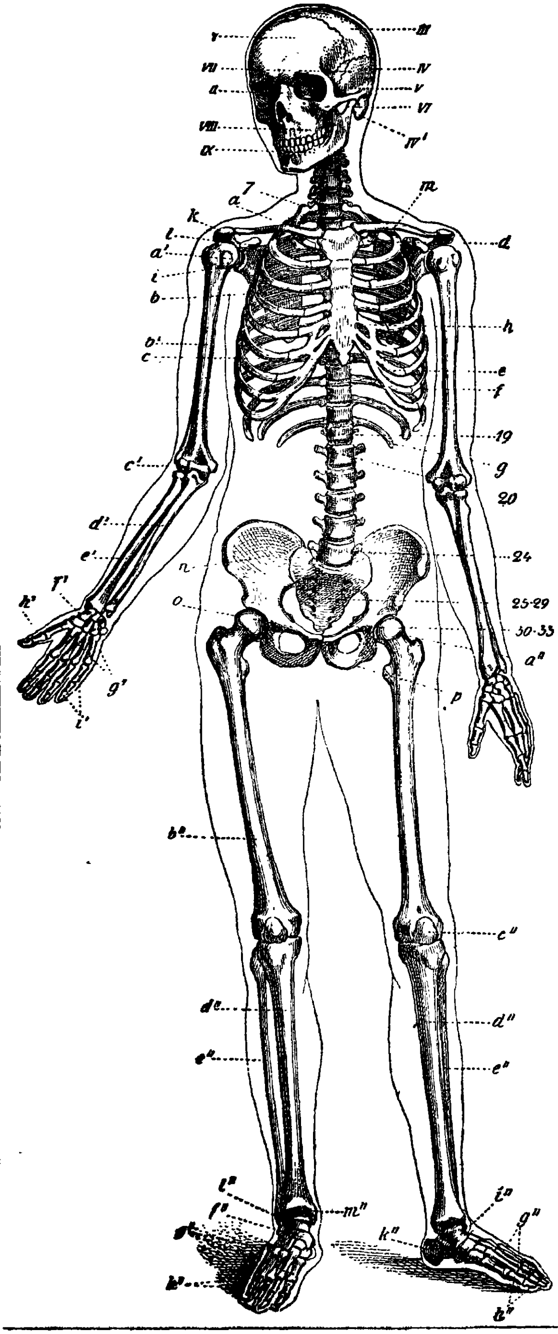


Fig. 160.

ESQUELETO HUMANO.

*Cabeza.*

*I* hueso frontal.
*II* hueso nasal.
*III* hueso parietal.
*IV* escama del temporal.
*IV'* apófisis mamilar.
*V* fosa temporal.
*VI* arco cigomático.
*VII* ala del esfenoides.
*VIII* hueso supramaxilar.
*IX* inframaxilar ó mandíbula.

*Tronco y cíngulos.*

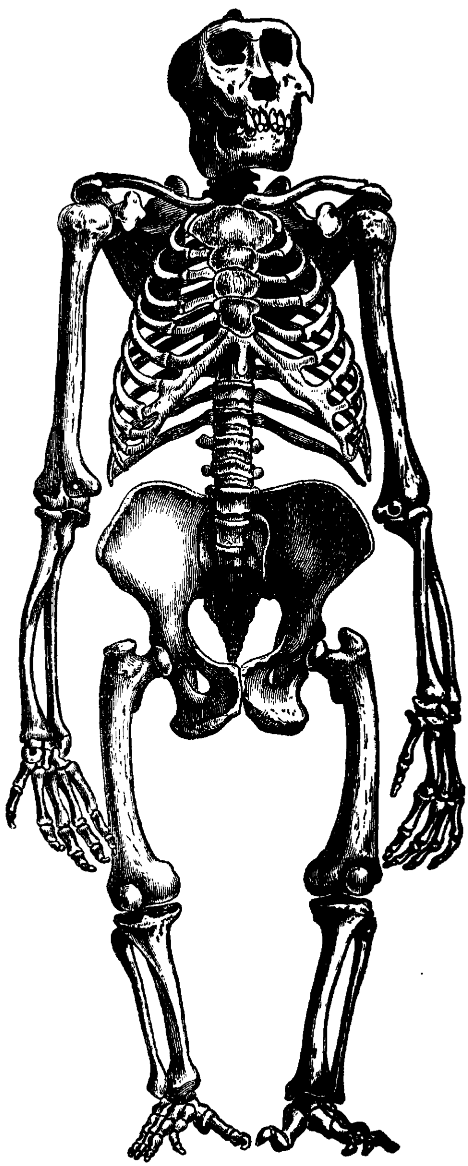
7 séptima ó última vértebra cervical.
19 décimanona ó última vértebra dorsal ó torácica.
20 vigésima ó primera vértebra lumbar.
24 vigésimacuarta ó última vértebra lumbar.
25 á 29 hueso sacro formado por las 5 vértebras sacrales.
30 á 33 coxis, formado por las 4 vértebras coxígeas.
*a* manubrio esternal.
*b* cuerpo esternal.
*c* apófisis ó cartílago xifoides.
*d* primera costilla verdadera.
*e* última ó séptima costilla verdadera.
*f* primera costilla falsa.
*g* última costilla fluctuante.
*h* cartílagos costales.
*i* omoplato ó escápula.
*k* acromio del omoplato.
*l* apófisis coracoides.
*m* clavícula.
*n* hueso íleon.
*o* hueso pubis.
*p* hueso ísquion ó cía.

*Extremidades.*

*a'* cóndilo del húmero.
*b'* húmero.
*c'* articulación ulnar ó cubital.
*d'* ulna ó cúbito.
*e'* radio.
*f'* huesos del carpo.
*g'* huesos del metacarpo.
*h'* las dos falanges del pulgar.
*i'* los dedos con tres falanges.
*a''* cóndilo del fémur.
*b''* fémur.
*c''* rótula ó patela, detrás de la cual la articulación de la rodilla.
*d''* tibia.
*e''* peroné ó fíbula
*f''* huesos del tarso.
*g''* huesos del metatarso.
*h''* falanges de los dedos del pie.
*i''* astrágalo.
*k''* calcáneo.
*l''* maléolo ó tobillo externo.
*m''* maléolo ó tobillo interno.

meral se ingiere á veces en la cabeza ó directamente en la parte anterior de la columna vertebral; y el posterior que, por lo general se relaciona íntimamente con la columna vertebral, en esos animales casi nunca comunica con ella, siguiendo inmediatamente al cíngulo humeral *(Peces torácicos*, de LINEO), ó hallándose aún delante de él, en la parte yugular *(Peces yugulares)*. Las demás partes del esqueleto y la estructura de las extremidades, muestran mucha variedad en la serie de los vertebrados, que comprende los *Peces*, *Anfibios*, *Reptiles*, *Aves* y *Mamíferos*.

Fig. 161.



ESQUELETO DEL GORILLA.
(*Gorilla gina* IS. GEOFFR.)

5. *Esqueleto de los Mamíferos.*

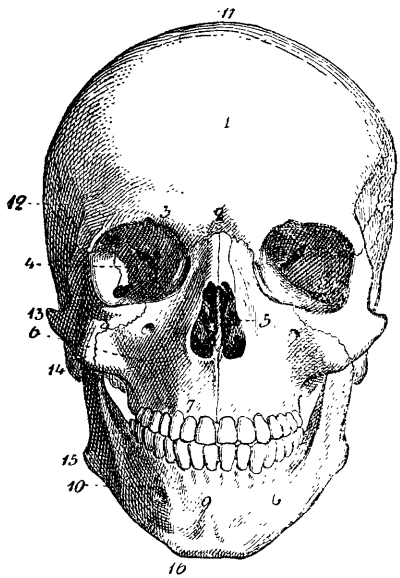
Al tratar del *esqueleto de los Mamíferos*, consideraremos en primera línea el del hombre (fig. 160), haciendo algunas observaciones que servirán para la comparación con las partes correspondientes del esqueleto de los demás mamíferos.

*1. Cabeza.*

La *cabeza*, ó el *cráneo* en el sentido más vasto,

es caracterizada en los mamíferos por las piezas no entresoldadas sino unidas por suturas, con excepción de los monotremados (*ornitorinco* y *equidna*); por los dos cóndilos occipitales, que articulan en la primera vértebra cervical; por la inmovilidad de los huesos supramaxilares y su unión entre sí y con otros huesos, y por la inserción directa de la mandíbula en el cráneo, sin la existencia del hueso intermediario, que se observa en otros vertebrados.

Fig. 162.




CRANEO HUMANO VISTO DE FRENTE.

1/3 del tamaño natural.

*1* hueso frontal, debajo de *2* las dos cavidades nasales, *3* borde superior de la órbita derecha, *4* órbita derecha, *5* cavidad nasal, *6* hueso maxilar superior, *7* dientes de la mandíbula superior, *8* hueso cigomático, *9* barba ó región mentonal, *10* inframaxilar ó mandíbula inferior, *11* vértice del cráneo, *12* fosa temporal derecha, *13* arco cigomático, *14* apófisis mamilar ó mastoides del temporal derecho, *15* ángulo mandibular derecho, *16* protuberancia mentonal ó de la barba.

La cabeza se divide en la *cápsula cerebral* ó *cráneo* propiamente dicho, y en la parte que corresponde á la cara ó *cráneo facial.* El primero se compone, en el hombre adulto, de los ocho huesos siguientes: el *frontal,* los dos *parietales,* el *occipital,* el *esfenoides,* los dos *temporales* y el *etmoides.* El segundo consta de los catorce que siguen: los dos *supramaxilares,* los dos *palatinos,* los dos *cigomáticos,* los dos *nasales,* los dos *lagrimales,* las dos *conchas nasales inferiores,* el *vómer* y el *inframaxilar* ó *mandíbula* (figs. 158 á 163).

El *hueso frontal* consta en su origen de dos piezas, que se refunden durante la primera edad, en el hombre, los monos, murciélagos, insectívoros, rinocerontes, elefantes y monotremados, no sucediendo así en los demás mamíferos.

Los *huesos parietales* se refunden en muchos carnívoros y además en los rumiantes, caballos, rinocerontes, sirenas y monotremados, y en algunos marsupiales y desdentados. No se tocan en los delfines, por causa de la intercalación de los huesos frontal y occipital. En algunos casos están separados por un hueso especial (*interparietal*).

El *hueso occipital* consta, al principio, en el hombre, de cuatro partes, *escama occipital*, *cuerpo* ó *parte basilar* y *partes condiloides*, que se observan también en los demás mamíferos, en los cuales se refunden generalmente muy temprano, con excepción de algunos marsupiales, en que la reunión se efectúa muy tarde ó nunca.

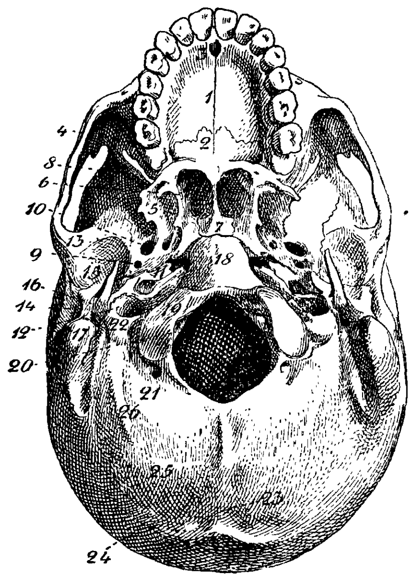
El *hueso esfenoides* [1] proviene en los mamíferos de dos huesos primitivamente separados: los esfenoides *anterior* é *inferior*. Sus *alas* entran en la formación de la *fosa temporal*

Los *huesos temporales* se originan primitivamente de cuatro huesos, que se refunden más tarde, y que son: el *temporal*, el *timpanal*, el *mastoides* [2] ó *mamilar* y el *petroso*, el cual encierra el oído interno. Los dos primeros quedan separados en algunos animales, y el tercero falta en los cetáceos y monotremados.

El *hueso etmoides* [3] que se halla en la parte superior de la cavidad nasal, concurre á la formación de la pared de la órbita sólo en el hombre y en los monos.

Los *huesos supramaxilares*, que varían mucho en su desarrollo y son muy largos en el oso hormiguero, tienen entre sí los dos *huesos inter-*

Fig. 163.



CRÁNEO HUMANO VISTO POR DEBAJO SIN LA MANDÍBULA INFERIOR.

1/3 del tamaño natural.

*1* parte palatina del hueso supramaxilar derecho, *2* hueso palatino (*1* y *2* juntos forman el paladar duro), *3* foramen incisivo ó palatino anterior, *4* foramen palatino posterior, *5* apófisis externa del ala del esfenoides, *6* apófisis interna del ala del esfenoides, que forma la pared lateral de la cavidad nasal, *7* vómer, *8* fisura orbital inferior, *9*, *10* y *11* aberturas para el pasaje de nervios y vasos, *12* fosa para un vaso, *13* apófisis cigomática del hueso temporal, *14* abertura del conducto auricular, *15* fosa articular para el cóndilo de la mandíbula inferior, *16* apófisis estiloides del hueso temporal, *17* apófisis mamilar ó mastoides del temporal, *18* cuerpo del hueso occipital, detrás del mismo el foramen occipital grande para el pasaje de la medula espinal, *19* cóndilo occipital derecho, *20* margen externa del foramen occipital, *21* abertura para el pasaje de vasos, *22* apófisis occipital transversa, *23* protuberancia occipital externa, en que se origina la cresta ó espina occipital externa, *24*, *25* y *26* líneas cruciadas occipitales.

1. gr. *sphén*: cuña; *eídos*: aspecto. 2. gr. *mastós*: teta, pezón; *eídos*: forma. 3. gr. *ethmós*: criba.

*maxilares* ó *premaxilares*, que se refunden muy temprano en el hombre y en los monos; en los demás mamíferos se conservan más ó menos, siendo muy grandes en el elefante y en los roedores.

Los *huesos cigomáticos* [1] faltan en los monotremados y en algunos insectívoros.

Los *huesos nasales* se refunden en una sola pieza, durante la primera edad, en los *Monos Catarrinos* [2] ó de nariz angosta, en el rinoceronte y en algunos insectívoros.

Los *huesos lagrimales* son muy grandes en los *Arciodáctilos* [3] (rumiantes, cerdos é hipopótamo), y faltan en los delfines y focas.

Las *conchas nasales inferiores*, que son muy complicadas en los carnívoros y en algunos roedores y marsupiales, son rudimentarias en los delfines; el *vómer*, por el contrario, es muy desarrollado en estos últimos.

El *hueso inframaxilar* ó *mandíbula* tiene por origen dos huesos, que se refunden temprano en el hombre y en los monos, murciélagos y *Perisodáctilos* [4] (caballos, rinocerontes y tapires), manteniéndose separados en la mayor parte de los mamíferos.

El *hueso hioides*, que se relaciona apenas con el cráneo, se halla en la base de la lengua, y es transformado en una especie de vejiga en los *aluatos* ó *monos chillones* (*Mycetes* [5]).

2. *Columna vertebral y tórax.*

La *columna vertebral* del hombre se compone de treinta y tres vértebras, que se dividen en *7 cervicales*, *12 torácicas* ó *dorsales*, *5 lumbares*, *5 sacrales* y *4 coxígeas.*

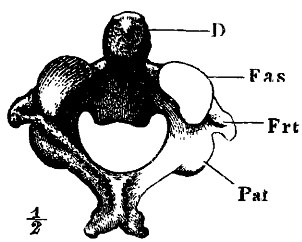
Las *vértebras cervicales* constituyen la armazón del cuello, cuya longitud no depende precisamente del número, sino también de la longitud de cada una de las vértebras. Son generalmente en número de 7, variando de 6 á 9 en los *Bradipódidos* [6] ó *perezosos.* Las dos primeras vértebras (*atlas* y *epistrófeo* ó *axis*) relacionan la columna vertebral con el cráneo. El *atlas* [7] es anular, carece de *apófisis espinosa*, pero tiene las *transversas* muy desarrolladas y provistas de caras de articulación para los cóndilos del occipi-

1. gr. *zygón*: yugo. 2. gr. *catá*: abajo, hacia abajo; *rhis*, *rhinós*: nariz. 3. gr. *ártios*: número par; *dáctylos*: dedo. 4. gr. *perisós*: número impar; *dáctylos*: dedo. 5. gr. *mykétes*: bramador, rugidor. 6. gr. *bradys*: tardo, lento; *pús*, *podós*: pie. 7. gr. *atlás*: portador.

tal; permite solamente levantar y bajar la cabeza. El movimiento de rotación de la cabeza se verifica sobre la segunda vértebra (*epistrófeo*[1] ó *axis*), en cuya *apófisis odontoides*[2] gira el atlas con la cabeza. Esta apófisis no es sino el *cuerpo* del atlas, que se ha desprendido de él y refundido con el epistrófeo, el cual posee, además, las *apófisis espinosa* y *transversas* (fig. 164). Las apófisis transversas de las vértebras cervicales son caracterizadas por el *formen transversario*, que da pasaje á los *vasos vertebrales* (fig. 165).

Las *vertebras torácicas* varían más en número que las cervicales. Hay generalmente de 12 á 14. Algunos murciélagos poseen sólo

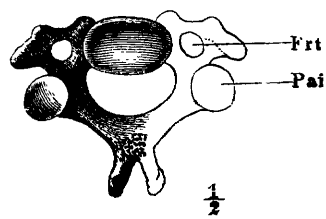
Fig. 164.




EPISTRÓFEO Ó AXIS.
Vista de adelante.

*D* apófisis odontoides ó diente, *Fas* apófisis oblicua ó articular superior, *Pai* apófisis oblicua ó articular inferior, *Frt* apófisis transversa.

Fig. 165.




QUINTA VÉRTEBRA CERVICAL.
Vista por debajo.

*Frt* foramen transversario, para el pasaje de los vasos sanguíneos.
*Pai* apófisis oblicua ó articular inferior.

VÉRTEBRAS HUMANAS.

11; el caballo tiene 18, el asno 19, el elefante 20 y el perezoso de dos dedos 23 ó 24. Son caracterizadas por el gran desarrollo de la apófisis espinosa y la poca extensión de las transversas (figs. 156 y 157, pág. 940), y por apoyarse en ellas, las costillas.

Las *vértebras lumbares* tienen apófisis transversas muy grandes, y no comunican con las costillas. Se hallan por lo general en número de 5 á 7. El ornitorinco tiene sólo 2 y el equidna 3; en algunos *Monos Lemúridos*[3] (*Stenops*[4]) hay nueve vértebras lumbares.

Las *vértebras sacrales* entresoldadas forman el *hueso sacro*, mediante el cual la columna vertebral se une con la pelvis. Hay generalmente de 3 á 4 vértebras sacrales. Su número es muy va-

1. gr. *épistropheus*: el que gira ó da vuelta. 2. gr. *odús*, gen. *odóntos*: diente. 3. gr. *Lemures*: genios nocturnos, fantasmas, duendes. 4. gr. *stenós*: angosto; *óps*: *cara*.

riable en los marsupiales, en el género *Perameles* [1] hay una sola, en otros, de 2 á 7; en los desdentados hay hasta 9. En los cetáceos, cuya pelvis es rudimentaria, no existe casi la parte sacral de la columna vertebral.

Las *vértebras coxígeas*, que componen el *coxis*, *rabadilla*, *cauda* ó *cola*, sobrepasan á todas las demás en variabilidad de número y de estructura, según la función á que está destinado el órgano que constituyen. En el hombre y en algunos monos hay sólo de 3 á 5 vértebras coxígeas entresoldadas, mientras que en muchos otros mamíferos su número asciende á 30 y 40, y en el pangolín (*Manis* [2] *longicaudata* [3] Shaw) hasta á 46. Los recientes estudios de Fol demuestran la existencia de una cola de 8 vértebras, en el embrión humano á la edad de cinco á seis semanas; estas vértebras se refunden constituyendo sólo 4. Por excepción quedan separadas más de 4, prolongándose afuera del cuerpo, en cuyo caso son *hombres de cola*.

Las *costillas* varían en número, según el de las vértebras torácicas, correspondiendo á cada una de éstas, dos de aquéllas. Se unen con el cuerpo de las vértebras por medio de su *cabeza* ó *capítulo* [4], y con la apófisis transversa, por el *tubérculo costal*. En los monotremados falta este último modo de inserción, mientras que es el único para las costillas posteriores de los cetáceos. Las costillas son óseas, con excepción de la extremidad pectoral, que es cartilaginosa y llamada *cartílago costal*. Las costillas que comunican, por medio de este cartílago, directamente con el esternón, son denominadas *costillas verdaderas*, las que comunican con el cartílago de la *verdadera inferior*, son las *falsas* ó *espurias*, y las que no tienen comunicación alguna, son las *costillas fluctuantes*. Hay, por lo general, mayor número de costillas verdaderas, que falsas y fluctuantes; pero también se observa lo contrario verbigracia en las ballenas, en las cuales sólo la primera costilla es verdadera. En el oso hormiguero las costillas son muy anchas, colocándose el borde posterior de la una sobre el anterior de la siguiente, de manera que faltan los *espacios intercostales*, que existen en otros mamíferos. *Costillas rudimentarias* se observan en algunas vértebras cervicales y lumbares, en que se desarrollan mucho las apófisis transversas, como, por ejemplo, en el oso común.

1. gr. *péra*: bolsa, maleta: lat. *meles*: tejón. 2. lat. *manis*, *manes*: manes, sombras ó almas de los muertos. 3. lat. *longicaudatus*: con cola larga. 4. lat. *capitulum*: cabezuela.

El *esternón* se compone de una serie de 4 á 13 placas óseas. En el hombre adulto consta de tres piezas entresoldadas por *sincondrosis*[1]. La superior ó *manubrio esternal,* comunica con las clavículas y el primer par de costillas; la media ó *cuerpo esternal* tiene por origen varias placas y está en relación con las costillas 3.ª á 7.ª; el segundo par de costillas se inserta en la fosa sincóndrica entre el *manubrio* y el *cuerpo.* La tercera pieza esternal es la *apófisis xifoides*[2], *cartílago xifoides* ó *ensiforme*[3] (fig. 160 *a, b, c).* En los murciélagos y topos, el esternón está provisto de una elevación longitudinal *(cresta esternal),* en la cual se insertan ciertos músculos pectorales muy desarrollados.

3. *Cíngulos humeral y coxígeo.*

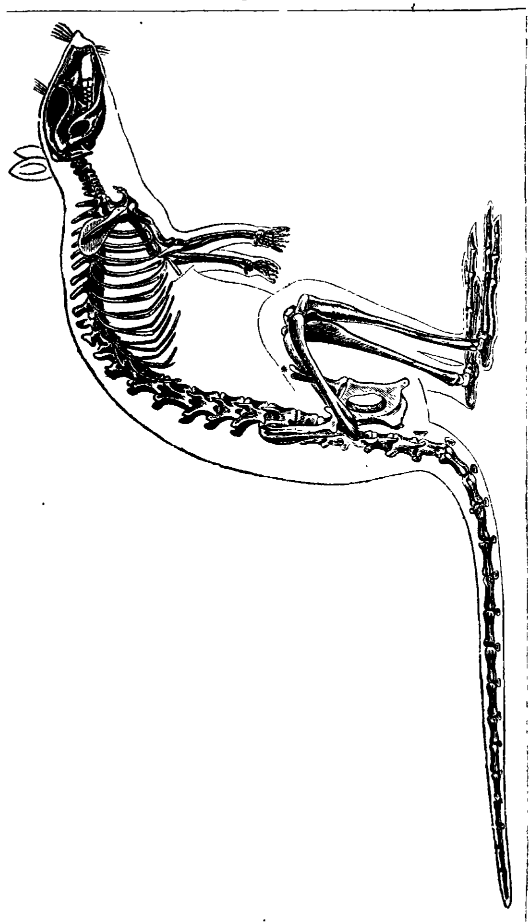
La parte dorsal del *cíngulo humeral ó anterior* consta en cada mitad del *omoplato ó escápula,* y del mismo modo la pectoral, de la *clavícula.* El *omoplato* existe en todos los mamíferos; es una pieza ósea triangular y lleva una cresta externa, la *espina escapular*[4], que termina en el *acromio*[5]. Debajo del acromio se encuentra la cara de la articulación para el húmero, articulándose también con él la *clavícula,* que comunica, por medio de la extremidad opuesta, con el esternón. La clavícula se halla bien desarrollada sólo en el hombre, los monos, murciélagos, insectívoros y muchos roedores; es rudimentaria en muchos carnívoros y en algunos roedores, y falta por completo en los cetáceos, artiodáctilos, perisodáctilos y en algunos desdentados y carnívoros. La *apófisis coracoides*[6] del omoplato, forma un hueso especial (*hueso coracoides*) en los monotremados, uniendo, junto con la clavícula, el omoplato con el esternón. En estos animales, que representan los mamíferos más inferiores, hay además un *episternón*[7] ó *hueso interclavicular,* que une la clavícula con el esternón.

El *cíngulo coxígeo ó posterior,* representado por la *pelvis,* falta casi por completo en los cetáceos, mientras que en los demás mamíferos se compone de tres huesos, el *íleon ó hueso de las cade-*

1. gr. *synchóndrosis:* unión por medio de cartílagos; de *syn:* junto y *chóndros:* cartílago. 2. gr. *xiphos:* espada; *eídos:* forma. 3. lat. *ensiformis:* de forma de espada. 4. lat. *scapularis:* relativo á la escápula ó espalda. 5. gr. *ácros:* extremidad; *ómos:* espalda. 6. gr. *córax,* gen. *córacos:* cuervo; *eídos:* aspecto. 7. gr. *epí:* arriba; *stérnon:* pecho, esternón.

*ras*, correspondiente al omoplato del cíngulo humeral, el *pubis*, que equivale á la clavícula, y el *isquión ó cía* [1] (fig. 160 *n, o, p*)

Fig. 166.



CANGURU: *Macropus elegans* F. CUV.
* huesos marsupiales.

Estos tres hueso de cada mitad de la pelvis se refunden temprano, excepto en los monotremados. La pelvis se une al hueso sacro por medio del íleon; raras veces (en algunos murciélagos y desdentados) favorece también esta unión, el ísquion. La *sínfisis* [2] *pubis* proviene de la unión de los huesos pubis, y sólo en los caballos, rumiantes y marsupiales toman también parte en su formación los huesos ciáticos. Muchos murciélagos carecen de sínfisis, quedando los huesos correspondientes separados. En los marsupiales (comadrejas, etc.) y en los monotremados hay dos huesos más en la pelvis, llamados *marsupiales* [3], que comunican con el borde superior del pubis, dirigiéndose hacia adelante (fig. 166*). Desde estos huesos cuelgan las *bolsas de cria ó marsupios*. La pelvis de los ce-

1. gr. *ischíon*: hueso ó articulación de la cadera. 2. gr. *synphisis*: unión, reunión, soldadura. 3. lat. *marsupium*: bolsa.

táceos consta sólo de los huesos ciáticos, ó de éstos y del pubis, ó de éste último y de los ilíacos, pero siempre rudimentarios. Así, en los lamantinos (*Manatus* [1]), está formada solamente por los huesos ciáticos rudimentarios; en las ballenas (*Balaena* [2]), por los huesos ciáticos y pubis, y en los dugongos ó becerros marinos (*Halicore* [3]), por los ilíacos y pubis rudimentarios. En todos estos animales acuáticos no existe, por consiguiente, la *cavidad de la pelvis*, de los demás mamíferos.

4. *Extremidades.*

Las *extremidades anteriores*, apoyadas en el cíngulo humeral, se componen de tres partes principales: el *brazo*, el *antebrazo* y la *mano*.

El *brazo* consta de un solo hueso, el *húmero*, y es muy corto en los cetáceos, cuyas extremidades anteriores están transformadas en una especie de aletas. En los arciodáctilos y perisodáctilos es también bastante corto, pero en cambio tienen esos animales la mano muy desarrollada (fig. 167 D, P, O). El húmero comunica por su extremo superior con el omoplato, y por el inferior, con los huesos del antebrazo (fig. 160).

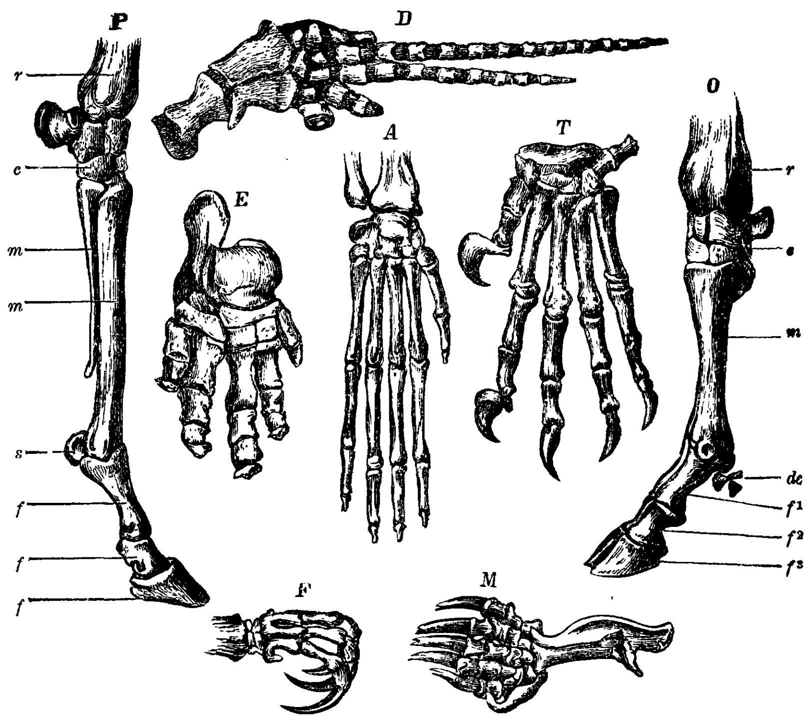
El *antebrazo* se compone de los huesos *radio* y *ulna* [4] ó *cúbito*. En el hombre, los monos, carnívoros, roedores y varios otros mamíferos, estos dos huesos están bien desarrollados y separados; en los murciélagos, arciodáctilos y perisodáctilos la *ulna* es rudimentaria en la parte inferior y se suelda con el *radio*. Pero en todos los casos, la extremidad superior de la ulna sobrepasa á la del radio, formando el *olecranón* [5] ó *apófisis anconeis* [6].

La *mano* se compone del *carpo*, del *metacarpo* y de los *dedos* ó *falanges* (figs. 160, 167 y 168). El *carpo* consta generalmente de siete huesecillos, dispuestos en dos series (3 : 4), agregándose muy á menudo á la primera serie otro más, el *hueso pisiforme* [7]. Los de la primera serie, contados de la parte radial hacia la ulna de la mano, son: el *escafoides* [8] ó *navicular* [9], el *lunar*, el *tricuetro* [10], y si lo hay, el *pisiforme*; en relación con los huesos del

1. lat. corr. *manati*: con manos. 2. lat. *balaena*: ballena. 3. gr. *háls*: mar; *córe*: virgen, doncella. 4. lat. *ulna*: codo, ana, vara. 5. gr. *oléne*: codo; *cránon*: cabeza, cráneo. 6. lat, *ancon, anconis*: codo. 7. lat. *pisiformis*: de forma de arveja. 8. gr. *scáphos*: navecilla, lancha; *eídos*: forma. 9. lat. *navicularis*: relativo á naves ó navegación. 10. lat. *triquetrus*: triangular.

antebrazo, se los denomina también *radial*, *intermedio* y *ulnar* ó *cubital*. Los de la serie inferior se llaman: el *trapecio*, el *trapezoides*, el *capitado* [1] y el *hamado* [2] ó *unciforme* [3]. Su número varía, intercalándose, en los monos (figs. 161 y 167) y en muchos roedores, entre las series, otro

Fig. 167.




EXTREMIDADES DE MAMÍFEROS.

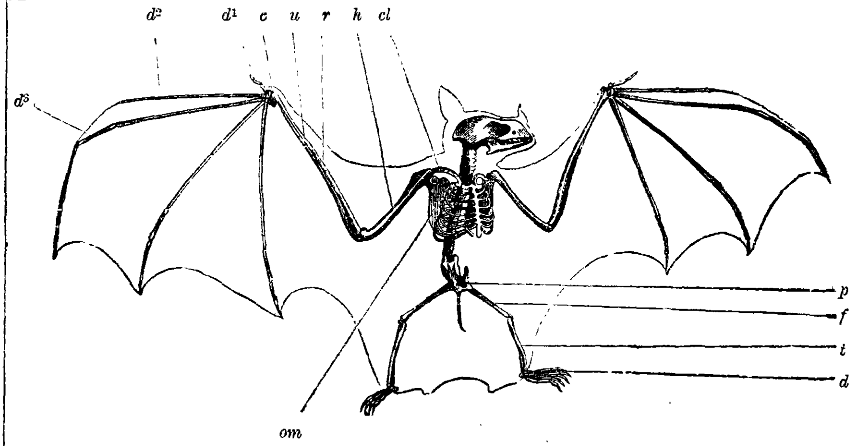
*A* mano del orangután.
*D* extremidad del delfín.
*E* pie posterior del elefante.
*F* extremidad del perezoso.
*M* extremidad del topo.
*T* pie anterior del tigre.
*P* pie anterior del caballo.
*r* radio.
*c* carpo.
*m* metacarpo.
*s* sesamoides.
$f^1$ primera falange.
$f^2$ segunda falange.
$f^3$ tercera falange.
*O* pie anterior del bisonte.
*de* dedos espurios.
(Lo demás como en *P*).

huesecillo más; ó refundiéndose algunos, como, por ejemplo, en los carnívoros, en los cuales se entresueldan el *escafoides* y el *lunar*, etc. El *metacarpo* se compone generalmente de cinco huesecillos, que articulan con los de la segunda serie del carpo, y de los cuales cada uno lleva

1. lat. *capitatus*: con cabeza. 2. lat. *hamatus*: con gancho. 3. at. *unciformis*: de forma de garfio ó gancho.

un dedo. También hay, por lo común, cinco dedos, formados por tres huesecillos ó *falanges*, con excepción del *pulgar*, que consta sólo de dos. En los arciodáctilos y perisodáctilos, hay menor número de dedos, quedando algunos rudimentarios ó faltando por completo, lo cual sucede también con

Fig. 168.




VAMPIRO: *Phyllostoma hastatum* PALL.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *om* | omoplato. | *c* | carpo. | *p* | pelvis. |
| *cl* | clavícula. | *d*1 | pulgar. | *f* | fémur. |
| *h* | húmero. | *d*2 | dedo índice. | *t* | tibia. |
| *u* | ulna. | *d*3 | dedo medio. | *d* | dedos del pie. |
| *r* | radio. | | | | |

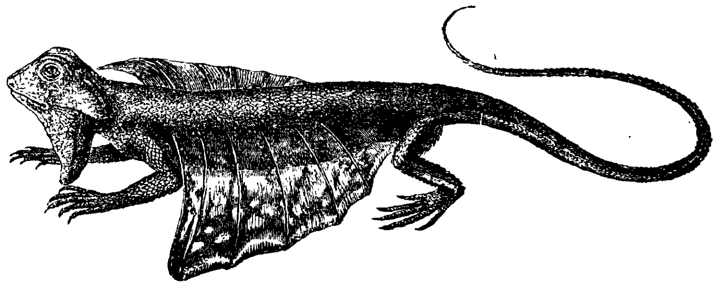
los huesos correspondientes del metatarso. En primera línea puede faltar el pulgar, ó éste y el dedo meñique; en segunda, los dos mencionados y los dos adyacentes, no quedando sino el tercer dedo ó intermedio, como, por ejemplo, en el caballo (fig. 167 *P*). En los murciélagos se desarrollan excesivamente los huesos del metacarpo y las falanges, para servir de inserción á las *membranas alares* (fig. 168), y en los cetáceos y otros animales acuáticos son á propósito para la formación de las *aletas* (fig. 167 *D*).

Las *extremidades posteriores*, apoyadas en el cíngulo coxígeo, se componen del *muslo*, de la *pierna* y del *pie*, y tienen en su estructura mucha semejanza con las extremidades anteriores (figs. 160, 161, 167 y 168). Faltan en los cetáceos, observándose sólo en la ballena común, pero en estado muy rudimentario. El *muslo* consta del hueso *fémur*, que articula en la parte superior con la pelvis y en la inferior concurre á la formación de la articulación de la rodilla. Delante de ésta se halla la *rótula* ó *patela* [1], de

1. lat. *patella*: platillo, taza, escudilla.

que carecen algunos marsupiales. En la pierna hay dos huesos, la *tibia* y el *peroné ó fíbula* [1]. La *tibia* es mucho más fuerte que el *peroné,* el cual es poco desarrollado en los perisodáctilos y arciodáctilos, encontrándose en los primeros en la parte superior de la tibia, y en los segundos en su parte inferior. El pie se compone de las tres partes llamadas *tarso, metatarso* y *dedos.* El *tarso* está formado por siete huesos que forman una primera serie compuesta de dos, un hueso medio (*escafoides* ó *navicular*), y una segunda serie, compuesta de cuatro. El primer hueso (*astrágalo* [2]) de la pri-

Fig. 169.



LAGARTIJA ALADA Ó DRAGÓN: *Draco volans* L.

mera serie, que nunca falta, articula con la tibia, y el segundo (*calcáneo* [3]) forma el *talón.* Los cuatro huesos de la segunda serie son los tres *cuneiformes* [4] (*primero, segundo* y *tercero*) y el *cuboides* [5]. En los rumiantes se refunden los huesos *escafoides* y *cuboides.* El *metatarso* y los *dedos* son más ó menos de la misma construcción que el metacarpo y los dedos de las extremidades anteriores.

En la anatomía el nombre de mano se da siempre á la última parte de la extremidad anterior de los mamíferos, conservando la denominación de *pie,* para la de la posterior. En cuanto á la fisiología, se comprende bajo el nombre de *mano* la extremidad en la cual el pulgar ó primer dedo puede ser colocado en frente de los demás dedos ó relacionado, á voluntad, con ellos; la última parte de la extremidad, en que no se puede hacer esta manipulación, se llama *pie.* En vista de esta clase de organización de las

1. lat. *fibula*: lo que sirve para unir dos cosas, v. gr. hebilla, clavija, etc. 2. gr. *astrágalos*: vértebra, huesecillo, dado. 3. lat. *calcaneum*: talón, calcañar. 4. lat. *cuneiformis*: de forma de cuña. 5. gr. *kybos*: cubo; *eidos*: forma.

extremidades, se funda la clasificación de *bimanos, cuadrumanos* y *cuadrúpedos*. Los animales que pisan el suelo con toda la planta del pie, se llaman *plantigrados* [1]; los que lo hacen con media planta, *semiplantigrados;* los que tocan el suelo solamente por medio de los dedos, *digitigrados* [2], y los que lo hacen únicamente con el casco, *unguligrados* [3]. Del empleo de las diversas partes de la mano y del pie en la locomoción, depende la velocidad de ésta. Los *digitigrados* andan con más celeridad que los *plantigrados*, y el oso hormiguero, que se apoya en las partes ulnar y fibular de las extremidades, y más aún el perezoso, que pisa con todo el antebrazo, son muy lentos en sus movimientos locomotores.

Las extremidades descritas, que representan los *órganos especiales de la locomoción* del hombre y de los animales superiores, varían mucho en su desarrollo, según el medio en que viven los seres y según los hábitos locomotores adquiridos ó impuestos por su organización. Son una especie de aletas ó *patas natatorias* en los animales acuáticos; están provistas de membranas en los voladores, representando *alas*, ó son á propósito para correr (*patas cursorias*), para andar (*patas gresorias* [4]), para cavar (*patas fosorias*), para trepar (*patas trepadoras ó escansorias* [5]), para agarrar bien la presa (*patas raptorias*), para saltar (*patas saltatorias*), (fig. 166), etc. En muchos casos sirven para varias clases de movimientos locomotores ó varias funciones, en algunos están provistos de órganos secundarios, ó el cuerpo lleva esta clase de órganos, para facilitar la locomoción, como en la lagartija alada ó dragón (fig. 169), *Draco volans L.*

Otras particularidades al respecto serán tratadas en la Zoología especial.

---

1. lat. *planta*: planta del pie; *gradus*: paso. 2. lat. *digitus*: dedo. 3. lat. *ungula*: casco, vaso. 4. lat. *gressorius*: á propósito para andar, caminar. 5. lat. *scansorius*: relativo al trepar.

# ÍNDICE DEL TOMO III

# ÍNDICE

AÑO II — TOMO III

ENTREGA I — NOVIEMBRE DE 1892



ENTREGA II — DICIEMBRE DE 1892

## Entrega III — Enero de 1893



## Entrega IV — Febrero de 1893

Págs.

ENTREGA V — MARZO DE 1893



ENTREGA VI—ABRIL DE 1893